Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по молодежной политике и
развитию образования
_____А. В. Легостев
«14» ноября 2024 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ВОСПИТАНИЯ
# ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

для всех направлений подготовки и специальностей

**СОГЛАСОВАНО**
Председатель Объединенного совета
обучающихся ФГБОУ ВО «УГГУ»
(протокол № 25 от 15.11.2023)
_____ А. А. Кухарева

Председатель Первичной профсоюзной
организации ФГБОУ ВО «УГГУ»
(протокол № 5 от 24.10.2023)
_____ П. А.Коновалов

Председатель Совета родителей
ФГБОУ ВО «УГГУ»
(протокол № 3/1 от 04.10.2023
_____ В. А. Пивова

Составитель: начальник управления по внеучебной
и социальной работе Шехтман Д.А.

Екатеринбург

# ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

***Наименование программы***

Рабочая программа воспитания ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (далее – УГГУ, университет).

Рабочая программа воспитания ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» представляет собой ценностно-нормативную, методологическую, методическую и технологическую основы организации воспитательной деятельности.

Рабочая программа воспитания (далее – Программа) ориентирована на организацию воспитательной деятельности субъектов образовательного и воспитательного процессов.

Воспитательная работа в университете направлена на создание благоприятных условий для личностного и профессионального развития студенческой молодёжи, формирование профессиональных и общекультурных/универсальных компетенций, таких как гражданственность, трудолюбие, ответственность, организованность, самостоятельность, инициативность, дисциплинированность.

***Разработчик и координатор программы***

Управление по внеучебной и социальной работе.

***Нормативно-правовые основания программы***

- Конституция Российской Федерации;
- Федеральный закон от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 05.02.2018 № 15-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам добровольчества (волонтерства)»;
- Указ Президента Российской Федерации от 19.12. 2012 г. № 1666 «Стратегия государственной национальной политики Российской Федерации на период до 2025 года»;
- Указ Президента Российской Федерации от 24.12.2014 № 808 «Основы государственной культурной политики»;
- Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы»;
- Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;
- Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;
- Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации»;
- Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809 «Об утверждении основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 № 1642 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.11.2014 № 2403-р «Основы государственной молодежной политики Российской Федерации на период до 2025 года»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.05.2015 № 996-р «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.12.2018 № 2950-р «Концепция развития добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025 года»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.11.2020 № 2945-р «Об утверждении Плана мероприятий по реализации в 2021-2025 годах Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года»;
- Устав ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет».

***Сроки реализации программы -*** период реализации образовательной программы.

***Ожидаемые результаты:***

- исполнение положений Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся;
- реализация приоритетных направлений государственной молодежной политики по созданию условий для успешной социализации и эффективной самореализации обучающихся;
- привлечение к воспитательной работе в университете заинтересованных субъектов университетского сообщества;
- формирование у обучающихся духовных, социальных и профессиональных ценностей;
- обогащение личностного и социального опыта обучающихся;
- совершенствование форм и методов воспитательной работы;
- повышение степени вовлеченности обучающихся в организацию и проведение мероприятий воспитательного характера;
- совершенствование системы контроля и оценки воспитательной работы;
- расширение взаимодействия субъектов воспитательной работы с органами государственной власти и местного самоуправления, международными, всероссийскими, межрегиональными, региональными общественными объединениями, ключевыми стейкхолдерами;
- развитие традиций корпоративной культуры университета;
- повышение эффективности и качества реализуемых мероприятий;
- выпуск конкурентоспособных специалистов, обладающих высоким уровнем социально-личностных и профессиональных компетенций.

# РАЗДЕЛ 1. ЦЕЛЕВОЙ

Воспитательная деятельность в университете, реализующем программы высшего и среднего профессионального образования, является одной из основных частей образовательного процесса, планируется и осуществляется в соответствии с приоритетами государственной политики в сфере воспитания.

Участниками образовательных отношений в части воспитания в университете являются:

- ректор;
- проректор по молодежной политике и развитию образования;
- начальник управления по внеучебной и социальной работе;
- заместители начальника управления по внеучебной и социальной работе;
- специалисты по социальной работе с молодежью;
- деканы факультетов;
- заведующие кафедрами;
- педагогические работники;
- академические кураторы;
- педагоги-психологи;
- члены Объединенного совета обучающихся;
- представители Совета родителей.

## 1.1 Цель и задачи воспитания обучающихся

Цель воспитания обучающихся ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» - развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства,

формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде.

Задачи воспитания:

– усвоение обучающимися знаний о нормах, духовно-нравственных ценностях, которые выработало российское общество (социально значимых знаний);

– формирование и развитие осознанного позитивного отношения к ценностям, нормам и правилам поведения, принятым в российском обществе (их освоение, принятие), современного научного мировоззрения, мотивации к труду, непрерывному личностному и профессиональному росту;

– приобретение социокультурного опыта поведения, общения, межличностных и социальных отношений, в том числе в профессионально ориентированной деятельности;

– подготовка к самостоятельной профессиональной деятельности с учетом получаемой квалификации (социально-значимый опыт) во благо своей семьи, народа, Родины и государства;

– подготовка к созданию семьи и рождению детей.

**1.2 Направления воспитания**

Рабочая программа воспитания УГГУ реализуется в единстве учебной и воспитательной деятельности с учётом направлений воспитания:

**гражданское воспитание** — формирование российской идентичности, чувства принадлежности к своей Родине, ее историческому и культурному наследию, многонациональному народу России, уважения к правам и свободам гражданина России; формирование активной гражданской позиции, правовых знаний и правовой культуры;

**патриотическое воспитание** — формирование чувства глубокой

привязанности к своей малой родине, родному краю, России, своему народу и многонациональному народу России, его традициям; чувства гордости за достижения России и ее культуру, желания защищать интересы своей Родины и своего народа;

**духовно-нравственное воспитание** — формирование устойчивых ценностно-смысловых установок, обучающихся по отношению к духовно-нравственным ценностям российского общества, к культуре народов России, готовности к сохранению, преумножению и трансляции культурных традиций и ценностей многонационального российского государства;

**эстетическое воспитание** — формирование эстетической культуры, эстетического отношения к миру, приобщение к лучшим образцам отечественного и мирового искусства;

**физическое воспитание, формирование культуры здорового**

**образа жизни и эмоционального благополучия** — формирование осознанного отношения к здоровому и безопасному образу жизни, потребности физического самосовершенствования, неприятия вредных привычек;

**профессионально-трудовое воспитание** — формирование позитивного и добросовестного отношения к труду, культуры труда и трудовых отношений, трудолюбия, профессионально значимых качеств личности, умений и навыков; мотивации к творчеству и инновационной деятельности; осознанного отношения к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной деятельности, к профессиональной деятельности как средству реализации собственных жизненных планов;

**экологическое воспитание** — формирование потребности экологически целесообразного поведения в природе, понимания влияния социально-экономических процессов на состояние окружающей среды, важности рационального природопользования; приобретение опыта эколого-направленной деятельности;

**ценности научного познания** — воспитание стремления к познанию себя и других людей, природы и общества, к получению знаний, качественного образования с учётом личностных интересов

и общественных потребностей.

### 1.3 Целевые ориентиры воспитания

#### 1.3.1 Инвариантные целевые ориентиры

Согласно «Основам государственной политики по сохранению и укреплению духовно-нравственных ценностей» (Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809) ключевым инструментом государственной политики в области образования, необходимым для формирования гармонично развитой личности, является воспитание в духе уважения к традиционным ценностям, таким как патриотизм, гражданственность, служение Отечеству и ответственность за его судьбу, высокие нравственные идеалы, крепкая семья, созидательный труд, приоритет духовного над материальным, гуманизм, милосердие, справедливость, коллективизм, взаимопомощь и взаимоуважение, историческая память и преемственность поколений, единство народов России.

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» воспитательная деятельность направлена на формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

Эти законодательно закрепленные требования в части формирования у обучающихся системы нравственных ценностей отражены в инвариантных целевых ориентирах воспитания выпускников университета и соотносятся с общими/универсальными компетенциями, формирование которых является результатом освоения образовательных программ в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов.

**Инвариантные целевые ориентиры воспитания выпускников университета**

| |
|---|
| **Гражданское воспитание** |
| – Осознанно выражающий свою российскую гражданскую принадлежность (идентичность) в поликультурном, многонациональном и многоконфессиональном российском обществе, в мировом сообществе.<br>– Сознающий своё единство с народом России как источником власти и субъектом тысячелетней российской государственности, с российским государством, ответственность за его развитие в настоящем и будущем на основе исторического просвещения, российского национального исторического сознания.<br>– Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины, способный аргументированно отстаивать суверенитет и достоинство народа России и российского государства, сохранять и защищать историческую правду.<br>– Ориентированный на активное гражданское участие в социально-политических процессах на основе уважения закона и правопорядка, прав и свобод сограждан.<br>– Осознанно и деятельно выражающий неприятие любой дискриминации по социальным, национальным, расовым, религиозным признакам, проявлений экстремизма, терроризма, коррупции, антигосударственной деятельности.<br>– Обладающий опытом гражданской социально значимой деятельности (в студенческом самоуправлении, добровольческом движении, предпринимательской деятельности, экологических, военно-патриотических и др. объединениях, акциях, программах. |
| **Патриотическое воспитание** |
| – Осознающий свою национальную, этническую принадлежность, демонстрирующий приверженность к родной культуре, любовь к своему народу. |

| |
|---|
| – Сознающий причастность к многонациональному народу Российской Федерации, Отечеству, общероссийскую идентичность.<br>– Проявляющий деятельное ценностное отношение к историческому и культурному наследию своего и других народов России, их традициям, праздникам.<br>– Проявляющий уважение к соотечественникам, проживающим за рубежом, поддерживающий их права, защиту их интересов в сохранении общероссийской идентичности. |
| **Духовно-нравственное воспитание** |
| – Проявляющий приверженность традиционным духовно-нравственным ценностям, культуре народов России с учётом мировоззренческого, национального, конфессионального самоопределения.<br>– Проявляющий уважение к жизни и достоинству каждого человека, свободе мировоззренческого выбора и самоопределения, к представителям различных этнических групп, традиционных религий народов России, их национальному достоинству и религиозным чувствам с учётом соблюдения конституционных прав и свобод всех граждан.<br>– Понимающий и деятельно выражающий понимание ценности межнационального, межрелигиозного согласия, способный вести диалог с людьми разных национальностей и вероисповеданий, находить общие цели и сотрудничать для их достижения.<br>– Ориентированный на создание устойчивой семьи на основе российских традиционных семейных ценностей, рождение и воспитание детей и принятие родительской ответственности.<br>– Обладающий сформированными представлениями о ценности и значении в отечественной и мировой культуре языков и литературы народов России. |
| **Эстетическое воспитание** |
| – Выражающий понимание ценности отечественного и мирового искусства, российского и мирового художественного наследия.<br>– Проявляющий восприимчивость к разным видам искусства, понимание эмоционального воздействия искусства, его влияния на душевное состояние и поведение людей, умеющий критически оценивать это влияние.<br>– Проявляющий понимание художественной культуры как средства коммуникации и самовыражения в современном обществе, значение нравственных норм, ценностей, традиций в искусстве.<br>– Ориентированный на осознанное творческое самовыражение, реализацию творческих способностей, на эстетическое обустройство собственного быта, профессиональной среды. |
| **Физическое воспитание, формирование культуры здоровья и эмоционального благополучия** |
| – Понимающий и выражающий в практической деятельности понимание ценности жизни, здоровья и безопасности, значение личных усилий в сохранении и укреплении своего здоровья и здоровья других людей.<br>– Соблюдающий правила личной и общественной безопасности, в том числе безопасного поведения в информационной среде.<br>– Выражающий на практике установку на здоровый образ жизни (здоровое питание, соблюдение гигиены, режим занятий и отдыха, регулярную физическую активность), стремление к физическому совершенствованию.<br>– Проявляющий сознательное и обоснованное неприятие вредных привычек (курения, употребления алкоголя, наркотиков, любых форм зависимостей), деструктивного поведения в обществе и цифровой среде, понимание их вреда для физического и психического здоровья.<br>– Демонстрирующий навыки рефлексии своего состояния (физического, эмоционального, психологического), понимания состояния других людей.<br>– Демонстрирующий и развивающий свою физическую подготовку, необходимую для избранной профессиональной деятельности, способности адаптироваться к стрессовым ситуациям в общении, в изменяющихся условиях (профессиональных, социальных, информационных, природных), эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.<br>– Использующий средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности. |
| **Профессионально-трудовое воспитание** |

| |
|---|
| – Понимающий профессиональные идеалы и ценности, уважающий труд, результаты труда, трудовые достижения российского народа, трудовые и профессиональные достижения своих земляков, их вклад в развитие своего поселения, края, страны.<br>– Участвующий в социально значимой трудовой и профессиональной деятельности разного вида в семье, образовательной организации, на базе производственной практики, в своей местности.<br>– Выражающий осознанную готовность к непрерывному образованию и самообразованию в выбранной сфере профессиональной деятельности.<br>– Понимающий специфику профессионально-трудовой деятельности, регулирования трудовых отношений, готовый учиться и трудиться в современном высокотехнологичном мире на благо государства и общества.<br>– Ориентированный на осознанное освоение выбранной сферы профессиональной деятельности с учётом личных жизненных планов, потребностей своей семьи, государства и общества.<br>– Обладающий сформированными представлениями о значении и ценности выбранной профессии, проявляющий уважение к своей профессии и своему профессиональному сообществу, поддерживающий позитивный образ и престиж своей профессии в обществе. |
| **Экологическое воспитание** |
| – Демонстрирующий в поведении сформированность экологической культуры на основе понимания влияния социально-экономических процессов на природу, в том числе на глобальном уровне, ответственность за действия в природной среде.<br>– Выражающий деятельное неприятие действий, приносящих вред природе, содействующий сохранению и защите окружающей среды.<br>– Применяющий знания из общеобразовательных и профессиональных дисциплин для разумного, бережливого производства и природопользования, ресурсосбережения в быту, в профессиональной среде, общественном пространстве.<br>– Имеющий и развивающий опыт экологически направленной, природоохранной, ресурсосберегающей деятельности, в том числе в рамках выбранной специальности, способствующий его приобретению другими людьми. |
| **Ценности научного познания** |
| – Деятельно выражающий познавательные интересы в разных предметных областях с учётом своих интересов, способностей, достижений, выбранного направления профессионального образования и подготовки.<br>– Обладающий представлением о современной научной картине мира, достижениях науки и техники, аргументированно выражающий понимание значения науки и технологий для развития российского общества и обеспечения его безопасности.<br>– Демонстрирующий навыки критического мышления, определения достоверности научной информации, в том числе в сфере профессиональной деятельности.<br>– Умеющий выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.<br>– Использующий современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.<br>– Развивающий и применяющий навыки наблюдения, накопления и систематизации фактов, осмысления опыта в естественнонаучной и гуманитарной областях познания, исследовательской и профессиональной деятельности. |

### 1.3.2 Вариативные целевые ориентиры

Вариативные целевые ориентиры воспитания обучающихся университета сформулированы с учётом этнокультурных и региональных особенностей и не противоречат инвариантным целевым ориентирам.

**Вариативные целевые ориентиры воспитания**

| |
|---|
| **Гражданское воспитание** |
| – Осознающий себя членом общества на региональном и локальном уровнях, имеющим представление о родном крае как субъекте Российской Федерации. |

| |
|---|
| – Демонстрирующий понимание значимости выбранной профессии для развития страны, проявляющий уважение к своей профессии и профессиональному сообществу.<br>– Знающий и соблюдающий нормы профессиональной этики работника, поддерживающий благоприятный образ профессии в обществе.<br>– Разделяющий традиционные российские ценности, проявляющий активную гражданскую позицию, готовый к защите Родины.<br>– Знающий государственные устои и символику России, родного края, города, района и муниципальных образований.<br>– Проявляющий нетерпимость к коррупционному поведению, умеющий принимать решения и нести за них ответственность.<br>– Обладающий культурой межнационального общения в студенческой среде и обществе в целом.<br>– Проявляющий уважительное отношение к национальному достоинству людей, их чувствам, религиозным убеждениям. |
| **Патриотическое воспитание** |
| – Понимающий свою сопричастность к прошлому, настоящему и будущему родного края, своей Родины — России, Российского государства.<br>– Понимающий значение гражданских символов (государственная символика России, своего региона), праздников, мест почитания героев и защитников Отечества, проявляющий к ним уважение.<br>– Изучающий и владеющий знаниями по истории родного края и своей малой родины. |
| **Духовно-нравственное воспитание** |
| – Уважающий духовно-нравственную культуру своей семьи, своего народа, семейные ценности с учётом национальной, религиозной принадлежности.<br>– Сознающий ценность каждой человеческой жизни, признающий индивидуальность и достоинство каждого человека.<br>– Умеющий оценивать поступки с позиции их соответствия нравственным нормам, осознающий ответственность за свои поступки. |
| **Эстетическое воспитание** |
| – Проявляющий ценностное отношение к культуре и искусству, к культуре речи и культуре поведения, к красоте и гармонии.<br>– Обладающий знаниями о культурном наследии родного края.<br>– Способный воспринимать и чувствовать прекрасное в быту, природе, искусстве, творчестве людей, профессиональном мастерстве.<br>– Проявляющий стремление к самовыражению в разных видах художественной деятельности, искусстве, профессиональной деятельности. |
| **Физическое воспитание, формирование культуры здоровья и эмоционального благополучия** |
| – Владеющий знаниями о физической культуре и спорте, их истории, современном развитии в родном крае.<br>– Ведущий и пропагандирующий здоровый образ жизни.<br>– Проявляющий интерес к самообучению умениям и навыкам физкультурно-оздоровительной и спортивно-оздоровительной деятельности.<br>– Бережно относящийся к физическому здоровью, соблюдающий основные правила здорового и безопасного для себя и других людей образа жизни, в том числе в информационной среде.<br>– Владеющий основными навыками личной и общественной гигиены, безопасного поведения в быту, природе, обществе.<br>– Ориентированный на физическое развитие с учётом возможностей здоровья, занятия физкультурой и спортом |
| **Профессионально-трудовое воспитание** |
| – Проявляющий уважение к труду, людям труда, бережное отношение к результатам труда, ответственное потребление.<br>– Проявляющий интерес к разным профессиям.<br>– Участвующий в различных видах трудовой деятельности. |

| |
|---|
| – Владеющий комплексом знаний, умений и навыков, качеств личности, обеспечивающих возможность профессионального роста.<br>– Обладающий основами экономической культуры и финансовой грамотности. |
| **Экологическое воспитание** |
| – Понимающий ценность природы, зависимость жизни людей от природы, влияние людей на природу, окружающую среду.<br>– Выражающий готовность в своей профессиональной деятельности придерживаться экологических норм.<br>– Содействующий сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действующий в чрезвычайных ситуациях.<br>– Демонстрирующий экологическую культуру.<br>– Проявляющий интерес к экологической обстановке в родном крае, вносящий свой вклад в ее улучшение. |
| **Ценности научного познания** |
| – Ориентированный на ценности непрерывного образования, в том числе и на самообразование.<br>– Проявляющий интерес к участию в поисковой и исследовательской деятельности, техническому творчеству. |

# РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ

## 2.1 Уклад университета

Уральский государственный горный университет был учрежден 3 (16) июля 1914 года законом, утвержденным российским Императором Николаем II, как Екатеринбургский горный институт, который стал первым высшим учебным заведением на Урале.

Собранием Узаконений и Распоряжений Правительства, издаваемым при Правительствующем Сенате, от 27 января 1917 г. № 28 горный институт в городе Екатеринбурге был переименован в Уральский горный институт Императора Николая II, который приказом Главного управления учебными заведениями Народного Комиссариата тяжелой промышленности СССР от 18 декабря 1934 г. № 26/644 переименован в Свердловский горный институт, которому постановлением Совета Министров СССР от 13 января 1947 г, № 52 присвоено имя В.В. Вахрушева.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 12 мая 1969 года Свердловский горный институт им. В.В. Вахрушева был переименован в Свердловский ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. В.В. Вахрушева, который распоряжением Совета Министров РСФСР от 10 июля 1991 г. № 736-р и приказом Государственного Комитета СССР по народному образованию от 22 июля 1991 г. № 346 был переименован в Уральский ордена Трудового Красного Знамени горный институт имени В.В. Вахрушева, переименованный приказом Государственного Комитета Российской Федерации по высшему образованию от 28 октября 1993 г. № 298 в Уральскую государственную горно-геологическую академию.

11 февраля 2003 года Уральская государственная горно-геологическая академия была внесена в Единый государственный реестр юридических лиц как государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральская государственная горно-геологическая академия, которое приказом Федерального агентства по образованию от 5 октября 2004 г. № 156 было переименовано в государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет».

Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 мая 2011 г. № 1724 государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет» переименовано в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального

образования «Уральский государственный горный университет», которое приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 октября 2015 г. №1261 переименовано в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет».

За 106 лет своей деятельности вуз подготовил для работы на горнодобывающих и геологоразведочных предприятиях, в научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтах отрасли более 110 000 горных инженеров, талантом и трудом которых создавался Уральский горнопромышленный комплекс.

В 2024 году УГГУ - первый вуз Урала празднует 110 лет со дня учреждения.

Университет реализует программы высшего, среднего профессионального, дополнительного и послевузовского профессионального образования в области геологии, геофизики, горного дела, экологии, экономики, информатики, автоматизации, горного машиностроения, художественного проектирования и обработки материалов.

В университете представлены все уровни высшего образования: бакалавриат, специалитет, магистратура и аспирантура.

В университете обучаются около 10 000 студентов.

Отличительной особенностью университета являются сильные связи с производством. Вуз сотрудничает более чем с 300 предприятиями – партнерами со всей России, в их числе — крупнейшие компании горнодобывающей отрасли. Подписаны договоры о совместной работе в рамках подготовки кадров с крупнейшими отраслевыми предприятиями страны и региона: Русской медной компанией, Уральской горно-металлургической компанией, Уралмашзаводом, ЕВРАЗ-холдингом и др. Ведется системная подготовка специалистов для предприятий зарубежных стран: Китая, Гвинеи, Македонии, Узбекистана, Таджикистана, Туркменистана, Монголии, Казахстана и др.

Университет славится своим сильным профессорско-преподавательским составом. На 38 кафедрах работают более 350 педагогических работников, из них более 250 кандидатов наук, порядка 60 докторов наук.

Вековая история позволила университету создать не только мощные образовательные традиции, но и научные школы. Их коллективы регулярно участвуют в масштабных государственных программах. С 1976 г. в диссертационных советах вуза защищено свыше 750 диссертаций.

В университете выпускается два журнала, внесенных Высшей аттестационной комиссией в Перечень научных журналов, публикация в которых является обязательной для защиты диссертаций.

Студенты вуза регулярно побеждают на Всероссийских олимпиадах и инженерных соревнованиях. Горняки трижды становились триумфаторами Международного чемпионата по решению инженерных кейсов «Case-In». Свыше сорока студентов УГГУ каждый год удостаиваются стипендий Президента РФ, Правительства РФ и Губернатора Свердловской области. Одним из знаковых научных мероприятий УГГУ является Уральская горнопромышленная декада. Сотни специалистов из России и зарубежных стран ежегодно приезжают в Горный университет, чтобы обсудить актуальные вопросы отрасли и найти партнеров для решения производственных задач.

В университете есть свои корпоративные знаки отличия – это герб, гимн, флаг и форменная одежда, которые используются при проведении мероприятий в масштабах университета, городского, регионального и всероссийского уровней с целью формирования корпоративного сознания у обучающихся.

Наиболее значимыми традиционными мероприятиями, событиями, составляющими основу воспитательной системы, являются День знаний, День солидарности в борьбе с терроризмом, День первокурсника, День Героев Отечества, День матери, День студента, День защитников Отечества, конкурс красоты «Мисс и Мистер Горный университет» и многие другие.

## 2.2 Воспитательные модули: виды, формы, содержание воспитательной деятельности

### Модуль «Образовательная деятельность»

Реализация воспитательного потенциала образовательной деятельности предусматривает:

– использование воспитательных возможностей содержания учебных дисциплин и профессиональных модулей для формирования у обучающихся позитивного отношения к российским традиционным духовно-нравственным и социокультурным ценностям, подбор соответствующего тематического содержания, текстов для чтения, задач для решения, проблемных ситуаций для обсуждений и т. п., отвечающих содержанию и задачам воспитания;

– привлечение внимания обучающихся к ценностному аспекту изучаемых на аудиторных занятиях объектов, явлений, событий и т. д., инициирование обсуждений, высказываний обучающимися своего мнения, выработки личностного отношения к изучаемым событиям, явлениям;

– использование учебных материалов (образовательного контента, художественных фильмов, литературных произведений и проч.), способствующих повышению статуса и престижа рабочих профессий, прославляющих трудовые достижения, повествующих о семейных трудовых династиях;

– инициирование и поддержка исследовательской деятельности при изучении учебных дисциплин и профессиональных модулей в форме индивидуальных и групповых проектов, исследовательских работ воспитательной направленности;

– реализация курсов, дополнительных факультативных занятий исторического просвещения, патриотической, гражданской, экологической, научно-познавательной, краеведческой, историко-культурной, туристско-краеведческой, спортивно-оздоровительной, художественно-эстетической, духовно-нравственной направленности, а также курсов, направленных на формирование готовности обучающихся к вступлению в брак и осознанному родительству;

– организация и проведение экскурсий (в музеи, картинные галереи, технопарки, на предприятия и др.), экспедиций, походов.

### Модуль «Кураторство»

Реализация воспитательного потенциала кураторства как особого вида педагогической деятельности, направленной в первую очередь на решение задач воспитания и социализации обучающихся, предусматривает:

– организацию социально-значимых совместных проектов, отвечающих потребностям обучающихся, дающих возможности для их самореализации, установления и укрепления доверительных отношений внутри учебной группы и между группой и куратором;

– сплочение коллектива группы через игры и тренинги на командообразование, походы, экскурсии, празднования дней рождения, тематические вечера и т. п.;

– организацию и проведение регулярных родительских собраний, информирование родителей об академических успехах и проблемах обучающихся, их положении в студенческой группе, о жизни группы в целом; помощь родителям и иным членам семьи во взаимодействии с педагогическим коллективом и администрацией;

– работа со студентами, вступившими в ранние семейные отношения, проведение консультаций по вопросам этики и психологии семейной жизни, семейного права;

– планирование, подготовку и проведение праздников, фестивалей, конкурсов, соревнований и т. д. с обучающимися.

### Модуль «Наставничество»

Реализация воспитательного потенциала наставничества как универсальной технологии передачи опыта и знаний предусматривает:

– разработку программы наставничества;

– содействие осознанному выбору оптимальной образовательной траектории, в том числе для обучающихся с особыми потребностями (детей с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья, одаренных, обучающихся, находящихся в трудной жизненной ситуации);

– оказание психологической и профессиональной поддержки наставляемому в реализации им индивидуального маршрута и в жизненном самоопределении;

– определение инструментов оценки эффективности мероприятий по адаптации и стажировке наставляемого;

– привлечение к наставнической деятельности признанных авторитетных специалистов, имеющих большой профессиональный и жизненный опыт (работников предприятий и организаций-партнеров).

**Модуль «Основные воспитательные мероприятия»**

Реализация воспитательного потенциала основных воспитательных мероприятий предусматривает:

– проведение общих для всей образовательной организации праздников, ежегодных творческих (театрализованных, музыкальных, литературных и т. п.) мероприятий, связанных с общероссийскими, региональными, местными праздниками, памятными датами;

– проведение торжественных мероприятий, связанных с завершением образования, переходом на следующий курс, а также совместных мероприятий с организациями-партнерами, направленных на знакомство и приобщение к корпоративной культуре предприятия, организации;

– разработку и реализацию обучающимися социальных, социально-профессиональных проектов, в том числе с участием социальных партнёров университета;

– организацию тематических мероприятий, нацеленных на формирование уважительного отношения к противоположному полу, понимания любви как основы таких отношений и готовности к вступлению в брак (День матери, День семьи, любви и верности и т. д.);

**Модуль «Организация предметно-пространственной среды»**

Реализация воспитательного потенциала предметно-пространственной среды предусматривает совместную деятельность педагогов, обучающихся, других участников образовательных отношений по её созданию, поддержанию, использованию в воспитании:

– организация в доступных для обучающихся и посетителей местах музейно-выставочного пространства, содержащего экспозиции об истории и развитии университета с использованием исторических символов государства, региона, местности в разные периоды, о значимых исторических, культурных, природных, производственных объектах России, региона, местности;

– размещение карт России, регионов, муниципальных образований (современных и исторических, точных и стилизованных, географических, природных, культурологических, художественно оформленных, в том числе материалами, подготовленными обучающимися) с изображениями значимых культурных объектов своей местности, региона, России; портретов выдающихся государственных деятелей России, деятелей культуры, науки, производства, искусства, военных деятелей, героев и защитников Отечества;

– размещение, обновление художественных изображений (символических, живописных, фотографических, интерактивных) объектов природного и культурного наследия региона, местности, предметов традиционной культуры и быта;

– организацию и поддержание в университете звукового пространства позитивной духовно-нравственной, гражданско-патриотической воспитательной направленности (звонки-мелодии, музыка, информационные сообщения), исполнение гимна Российской Федерации (в начале учебной недели);

– оформление и обновление «мест новостей», стендов в помещениях общего пользования (холл первого этажа, рекреации и др.), содержащих в доступной, привлекательной форме новостную информацию позитивного профессионального, гражданско-патриотического, духовно-нравственного содержания;

– размещение материалов, отражающих ценность труда как важнейшей нравственной категории, представляющих трудовые достижения в профессиональной области, прославляющих героев и ветеранов труда, выдающихся деятелей производственной сферы, имеющей отношение к УГГУ, предметов-символов профессиональной сферы, размещение информационных справочных материалов о предприятиях профессиональной сферы, имеющих отношение к профилю университета;

– размещение, поддержание, обновление на территории университета выставочных объектов, ассоциирующихся с профессиональными направлениями обучения;

– создание и обновление книжных выставок профессиональной литературы, пространства свободного книгообмена;

– оборудование, оформление, поддержание и использование спортивных и игровых пространств, площадок, зон активного и спокойного отдыха;

– совместная с обучающимися популяризация символики УГГУ (флаг, гимн, эмблема, логотип и т. п.), используемой как повседневно, так и в торжественных ситуациях;

– разработка и обновление материалов (стендов, плакатов, инсталляций и др.), акцентирующих внимание обучающихся на важных для воспитания правилах, традициях, укладе образовательной организации, актуальных вопросах профилактики и безопасности.

**Модуль «Взаимодействие с родителями (законными представителями)»**

Реализация воспитательного потенциала взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся предусматривает:

– организацию взаимодействия между родителями обучающихся и преподавателями, администрацией в области воспитания и профессиональной реализации студентов;

– проведение родительских собраний по вопросам воспитания, взаимоотношений обучающихся и педагогов, условий обучения и воспитания;

– привлечение родителей к подготовке и проведению мероприятий воспитательной направленности.

**Модуль «Самоуправление»**

Реализация воспитательного потенциала самоуправления обучающихся в университете, реализующем образовательные программы высшего и среднего профессионального образования, предусматривает:

– организацию и деятельность в университете органов самоуправления обучающихся (совет обучающихся и др.);

– представление органами самоуправления интересов обучающихся в процессе управления образовательной организацией, защита законных интересов, прав обучающихся;

– участие представителей органов самоуправления обучающихся в разработке, обсуждении и реализации рабочей программы воспитания, в анализе воспитательной деятельности;

– привлечение к деятельности студенческого самоуправления выпускников, работающих по специальности, добившихся успехов в профессиональной деятельности и личной жизни.

**Модуль «Профилактика и безопасность»**

Реализация воспитательного потенциала профилактической деятельности в целях формирования и поддержки безопасной и комфортной среды предусматривает:

– организацию деятельности педагогического коллектива по созданию в университете безопасной среды как условия успешной воспитательной деятельности;

– вовлечение обучающихся в проекты, программы профилактической направленности, реализуемые в УГГУ и в социокультурном окружении (антинаркотические, антиалкогольные, против курения, вовлечения в деструктивные детские и молодёжные объединения, культы, субкультуры, группы в социальных сетях; по безопасности в цифровой среде, на транспорте, на воде, безопасности дорожного движения, противопожарной безопасности, антитеррористической и антиэкстремистской безопасности, гражданской обороне и т. д.);

– сбор информации и регулярный мониторинг семей обучающихся, находящихся в сложной жизненной ситуации, профилактическая работа с неблагополучными семьями;

– организация психолого-педагогической поддержки обучающихся групп риска;

– организацию работы по развитию у обучающихся навыков саморефлексии, самоконтроля, устойчивости к негативному воздействию, групповому давлению;

– поддержку инициатив обучающихся, педагогов в сфере укрепления безопасности жизнедеятельности.

**Модуль «Социальное партнёрство и участие работодателей»**

Реализация воспитательного потенциала социального партнёрства университетом, реализующем образовательные программы высшего и среднего профессионального образования, в том числе во взаимодействии с предприятиями рынка труда, предусматривает:

– участие представителей организаций-партнёров, предприятий (организаций) и работодателей, в том числе в соответствии с договорами о сотрудничестве, в проведении отдельных производственных практик и мероприятий в рамках рабочей программы воспитания и календарного плана воспитательной работы (дни открытых дверей, ярмарки вакансий, государственные, региональные праздники, торжественные мероприятия и т. п.);

– участие представителей организаций-партнёров в проведении мастер-классов, аудиторных и внеаудиторных занятий, мероприятий профессиональной направленности;

– проведение на базе организаций-партнёров отдельных аудиторных и внеаудиторных занятий, презентаций, лекций, акций воспитательной направленности;

– проведение открытых дискуссионных площадок (студенческих, педагогических, родительских, совместных), куда приглашаются представители организаций-партнёров, на которых обсуждаются актуальные проблемы, касающиеся профессиональной сферы и рынка труда, жизни университета, муниципального образования, региона, страны;

– реализация социальных проектов, разрабатываемых и реализуемых обучающимися и педагогами совместно с организациями-партнёрами (профессионально-трудовой, благотворительной, экологической, патриотической, духовно-нравственной и т. д. направленности), ориентированных на воспитание обучающихся, преобразование окружающего социума, позитивное воздействие на социальное окружение.

**Модуль «Профессиональное развитие, адаптация и трудоустройство»**

Реализация воспитательного потенциала работы по профессиональному развитию, адаптации и трудоустройству в университете предусматривает:

– участие в конкурсах, фестивалях, олимпиадах профессионального мастерства (в т. ч. международных), работе над профессиональными проектами различного уровня (регионального, всероссийского, международного) и др.;

– циклы мероприятий, направленных на подготовку обучающихся к осознанному планированию своей карьеры, профессионального будущего (посещения центра содействия профессиональному трудоустройству выпускников, профессиональных выставок, ярмарок вакансий, дней открытых дверей на предприятиях и др.);

– экскурсии (на предприятия, в организации), дающие углублённые представления о выбранной специальности и условиях работы;

– организацию мероприятий, посвященных истории организаций/предприятий-партнёров; встреч с представителями коллективов, с работниками-стажистами, представителями трудовых династий, авторитетными специалистами, героями и ветеранами труда, представителями профессиональных династий;

– использование обучающимися интернет-ресурсов, способствующих более глубокому изучению отраслевых технологий, способов и приёмов профессиональной деятельности, профессионального инструментария, актуального состояния профессиональной области; онлайн курсов по интересующим темам и направлениям профессионального образования;

– консультирование обучающихся по вопросам построения ими профессиональной карьеры и планов на будущую жизнь с учётом индивидуальных особенностей, интересов, потребностей;

– проведение тренингов, нацеленных на формирование рефлексивной культуры, совершенствование умений в области анализа и оценки результатов деятельности.

**Дополнительные модули**

**Модуль «Воспитание здорового образа жизни»**

Реализация воспитательного потенциала работы по созданию условий для сохранения, укрепления и развития духовного, эмоционального, интеллектуального, личностного и физического здоровья обучающихся предусматривает:

– воспитание здоровой личности, формирование способности ставить цели и строить жизненные планы;

– формирование у обучающихся ответственного отношения к своему здоровью и потребности в здоровом образе жизни, физическом самосовершенствовании, занятиях спортивно-оздоровительной деятельностью, развитие культуры безопасной жизнедеятельности, профилактику наркотической и алкогольной зависимости, табакокурения и других вредных привычек;

– формирование бережного, ответственного и компетентного отношения к физическому и психологическому здоровью – как собственному, так и других людей, развитие культуры здорового питания.

**Модуль «Художественно-эстетическое воспитание»**

Реализация воспитательного потенциала работы по формированию культурно-эстетических взглядов, нравственных принципов обучающихся, повышению общего уровня культуры, формированию способности воспринимать и понимать произведения искусства во взаимосвязи с окружающим миром предусматривает:

– воспитание эстетического отношения к миру, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, общественных отношений;

– формирование способности к общему развитию, реализации творческого потенциала в учебной, профессиональной деятельности, самовоспитания и универсальной духовно-нравственной компетенции – «становиться лучше»;

– формирование чувства любви к Родине на основе изучения культурного наследия многонационального народа России;

– формирование художественно-эстетического мировоззрения, основанного на диалоге культур.

**Модуль «Экологическое воспитание»**

Реализация воспитательного потенциала работы по формированию экологической культуры, содействию сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, воспитанию и развитию у обучающихся любви к окружающей природе предусматривает:

– развитие у обучающихся экологической культуры, бережного отношения к родной земле, природным богатствам России и мира, понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды;

– воспитание чувства ответственности за состояние природных ресурсов, формирование умений и навыков разумного природопользования, нетерпимого отношения к действиям, приносящим вред экологии; приобретение опыта эколого-направленной деятельности.

**Модуль «Волонтерское движение»**

Реализация воспитательного потенциала работы по формированию готовности к добровольчеству (волонтёрству) предусматривает:

– развитие навыков волонтерской деятельности через участие в подготовке и проведении социально-значимых мероприятий;

– развитие мотивации к активному и ответственному участию в общественной жизни страны, региона, университета, государственному управлению через организацию добровольческой деятельности;

– развитие способностей к сопереживанию и формированию позитивного отношения к людям, в том числе к лицам с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья;

– развитие компетенций сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности.

# РАЗДЕЛ 3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ

## 3.1 Кадровое обеспечение

Реализация рабочей программы воспитания осуществляется квалифицированными специалистами университета, в частности Управления по внеучебной и социальной работе, которое несёт ответственность за организацию воспитательной работы в университете; Студенческого культурного центра, Студенческого спортивного клуба «Горная машина», Студенческого центра патриотического воспитания «Святогор», Волонтерского центра УГГУ, которые проводят с обучающимися мероприятия воспитательного характера; психолого-педагогической службы, кураторами, педагогом-психологом, преподавателями, функционал которых регламентируется требованиями профессиональных стандартов, должностными инструкциями и иными нормативными документами.

## 3.2 Нормативно-методическое обеспечение

Нормативно-методическое обеспечение воспитательной деятельности осуществляется следующим образом: воспитательная деятельность ведется в соответствии с нормативно-правовыми документами федеральных органов исполнительной власти в сфере образования, требованиями федеральных государственных образовательных стандартов, Уставом университета и локальными актами университета с учетом сложившегося опыта воспитательной деятельности, и имеющимися ресурсами в университете.

## 3.3 Требования к условиям работы с обучающимися с особыми образовательными потребностями

В воспитательной работе с категориями обучающихся, имеющих особые образовательные потребности: обучающиеся с инвалидностью, ограниченными возможностями здоровья, из социально уязвимых групп (воспитанники детских домов, обучающиеся из семей мигрантов, билингвы и др.), одарённые, с отклоняющимся поведением, создаются особые условия.

В системе организации воспитательной деятельности с категориями обучающихся, имеющих особые образовательные потребности, устанавливаются сотрудничество препо-

давателей, кураторов, педагогов-психологов, родителей (законных представителей) обучающихся с целью устранения нарушенных функций, развития функциональных систем обучающихся, коррекции поведения, формирования социально-значимых качеств.

При организации воспитательного пространства создаются благоприятные условия для развития социально значимых отношений обучающихся, и, прежде всего, ценностных отношений к семье, труду, своему отечеству, своей малой и большой Родине, природе, миру, знаниям, культуре, здоровью, окружающим людям, к самим.

Формирование доброжелательного отношения к обучающимся, имеющим особые образовательные потребности и их семьям со стороны всех участников образовательных отношений, а также индивидуальный подход позволяет получить им необходимые социальные навыки, знания и умения необходимые для дальнейшей профессиональной деятельности.

При организации воспитания обучающихся с особыми образовательными потребностями осуществляется ориентация на:

– налаживание эмоционально-положительного взаимодействия с окружающими для их успешной социальной адаптации и интеграции как в университете, так и в профессиональной деятельности;

– формирование доброжелательного отношения к обучающимся и их семьям со стороны всех участников образовательных отношений;

– построение воспитательной деятельности с учётом индивидуальных особенностей и возможностей каждого обучающегося;

– обеспечение психолого-педагогической поддержки семей обучающихся, содействие повышению уровня их педагогической, психологической, социальной компетентности;

– формирование личности обучающегося с особыми образовательными потребностями с использованием адекватных физическому и психическому состоянию методов воспитания;

– создание оптимальных условий совместного воспитания и обучения обучающихся с особыми образовательными потребностями и их сверстников, с использованием адекватных вспомогательных средств и педагогических приёмов, организацией совместных форм работы с педагогом-психологом и другими специалистами университета;

– личностно-ориентированный подход в организации всех видов деятельности обучающихся с особыми образовательными потребностями.

### 3.4 Система поощрения профессиональной успешности и проявлений активной жизненной позиции обучающихся

Поощрение профессиональной успешности и проявлений активной жизненной позиции обучающихся осуществляется следующим образом:

– выплачивается повышенная государственная академическая стипендия;

– предоставляются путевки на летний отдых и оздоровление;

– представляются кандидатуры обучающихся на стипендию Правительства Российской Федерации;

– представляются кандидатуры обучающихся на стипендию Губернатора Свердловской области;

– вручаются благодарственные письма, письма участников.

Основания для поощрения обучающихся:

– успехи в учебной деятельности;

– успехи научной деятельности;

– успехи в культурно-творческой деятельности;

– успехи в общественной деятельности;

– успехи в физкультурной деятельности;

– победы в конкурсах, олимпиадах, фестивалях, соревнованиях различного уровня;

– активное участие в культурно-массовых мероприятиях на уровне университета, округа, региона, Российской Федерации, на международном уровне;

– спортивные достижения на различных уровнях.

**3.5 Анализ воспитательного процесса**

Основные направления анализа воспитательного процесса:

**3.5.1 Анализ условий воспитательной деятельности**

Анализ воспитательной деятельности проводится по следующим позициям:

– кадровое обеспечение воспитательной деятельности (наличие специалистов, прохождение курсов повышения квалификации);

– наличие и количество студенческих объединений, клубов, предметных кружков, кружков технического творчества, спортивных секций и кружков;

– количество социальных партнеров, вовлечённых в воспитательную деятельность (предприятия, учреждения культуры, здравоохранения, правоохранительные органы, образовательные организации др.);

– участие педагогических работников университета в конкурсах, семинарах, конференциях, вебинарах по направлениям воспитательной деятельности;

– оформление предметно-пространственной среды университета.

**3.5.2 Анализ состояния воспитательной деятельности**

Анализ состояния воспитательной деятельности проводится по следующим позициям:

– проводимые в университете дела и реализованные проекты;

– уровень вовлеченности обучающихся в проекты и мероприятия на уровне университета, районном, городском, региональном и федеральном уровнях;

– включенность обучающихся и преподавателей в деятельность различных объединений;

– участие обучающихся в конкурсах различного уровня и направленности;

– профессионально-личностное развитие обучающихся (анализ портфолио);

– снижение негативных факторов (уменьшение числа обучающихся, состоящих на различных видах профилактического учета/контроля, снижение/отсутствие совершенных правонарушений и преступлений).

Основным способом получения информации являются: педагогическое наблюдение, анкетирование, тестирование, беседы с обучающимися и их родителями (законными представителями), педагогическими работниками, представителями студенческого совета.

Анализ проводится проректором по молодежной политике и развитию образования, начальником управления по внеучебной и социальной работе, педагогом-психологом, кураторами академических групп.

Итогом самоанализа является перечень выявленных проблем, над решением которых предстоит работать коллективу университета.

Приложение к рабочей программе воспитания

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по молодежной политике и развитию образования
_____А. В. Легостев

14.11.2024

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
## на 2024-2025 учебный год

В ходе планирования воспитательной деятельности университет учитывает воспитательный потенциал участия обучающихся в мероприятиях, проектах, конкурсах, акциях, проводимых на уровне:

**Российской Федерации**, в том числе:

«
Р «Большая перемена» https://bolshayaperemena.online/;
о «Лидеры России» https://лидерыроссии.рф/;
с «Мы Вместе» (волонтерство) https://onf.ru;
с отраслевые конкурсы профессионального мастерства;
и движения «Ворлдскиллс Россия»;
я движения «Абилимпикс»;

**субъектов Российской Федерации**, а также **отраслевые профессионально значимые события и праздники.**

| № | Модуль | Курсы, группы | Сроки | Ответственные |
|---|---|---|---|---|
| | *1. Образовательная деятельность* | | | |
| 1 | Дисциплина «Основы российской государственности | I,II,III | 01.09.2024-31.05.2025 | Зубов В. В. |
| | *2. Кураторство* | | | |
| 1 | Воспитательное мероприятие «Час куратора» | I | 01.09.2024-31.05.2025 | Шехтман Д. А. |
| | *3. Наставничество* | | | |
| 1 | Подготовка и проведение адаптационного мероприятия «Неделя первокурсника 2024» | I | 30.08.2024 - 04.09.2024 | Шехтман Д. А. |
| | *4. Основные воспитательные мероприятия* | | | |
| 1 | Презентация студенческих общественных, спортивных, научных, творческих объединений | I | 30.08.2024-04.09.2024 | Шехтман Д. А. |
| 2 | Профориентационные мероприятия для студентов I курса | I | 12.08.2024-17.08.2024 | Коновалов П. А. |
| 3 | Спортивно-массовое мероприятие «Неделя футбола» и межнациональный футбольный турнир к Дню народного единства | I-V | 01.11.2024-05.11.2024 | Сухомлин С. Д. |
| 4 | Культурно-массовое мероприятие «Новогодний ректорский прием» | I-V | 23.12.2024 | Нижников Е. В. |
| 5 | Празднование дня Российского студенчества, Молебен святой мученице Татьяне | I-V | 25.01.2025 | Бачинин И. В. |
| 6 | Организация игры «Патриот» | I-V | 19.02.2025-23.02.2025 | Комаров А. А. |
| 7 | Праздничный концерт «День защитника отечества» | I-V | 22.02.2025 | Нижников Е. В. |
| 8 | Праздничный концерт «Международный женский день» | I-V | 07.03.2025 | Нижников Е. В. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 | Участие в первомайской демонстрации | I-V | 01.05.2025 | Коновалов П. А. |
| 10 | Патриотическая акция «Бессмертный полк Горного» | I-V | 08.05.2025 | Комаров А. А. |
| 11 | Праздничные мероприятия, посвященные 80 годовщине Победы в ВОВ | I-V | 09.05.2025 | Нижников Е. В. |
| 12 | Легкоатлетическая эстафета «Горняк» | I-V | 17.05.2025 | Сидоров С. Г. |
| | *5. Организация предметно-пространственной среды* | | | |
| 13 | Оформление и обновление новостных стендов | I-V | 01.09.2024-30.05.2025 | Пономарева Т. В. |
| 14 | Популяризация символики образовательной организации | I-V | 01.09.2024-10.11.2024 | Пономарева Т. В. |
| 15 | Подготовка и обновление тематических экспозиций в библиотеке университета | I-V | 01.09.2024-30.05.2025 | Справцева Е. А. |
| 16 | Разработка и реализация коворкинг зон для студентов | I-V | 01.09.2024-30.05.2025 | Коновалов П. А. |
| 17 | Оформление зданий университета, холлов, с использованием государственной символики России | I-V | 10.09.2024 | Комаров А. А. |
| | *6. Взаимодействие с родителями (законными представителями)* | | | |
| 18 | Деятельность Службы примирения университета и работа с конфликтными ситуациями | I-V | 01.09.2024 – 30.05.2025 | Первушина А. А. |
| | *7. Самоуправление* | | | |
| 19 | Обучающие мероприятия для студенческого актива УГГУ | I-V | 01.09.2024-20.11.2024 | Шехтман Д. А. |
| 20 | Обучающие мероприятия для активистов организационно-массовой комиссии ПСО УГГУ | I-V | 14.09.2024-16.09.2024 | Коновалов П. А. |
| 21 | Отчетно – выборные конференции профбюро факультетов | I-V | 10.10.2024-25.10.2024 | Коновалов П. А. |
| 22 | Проведение мероприятия среди студенческой молодёжи, направленного на повышение уровня медиа грамотности "Медиадиктант" | I-V | 18.10.2024 | Пономарева Т. В. |
| 23 | Обучающее мероприятие «ПРОФшкола Горно-механического факультета» | I-V | 08.11.2024-12.11.2024 | Коновалов П. А. |
| 24 | Обучающие мероприятия для активистов ФГХ | I-V | 08.11.2024-12.11.2024 | Коновалов П. А. |
| 25 | Интеллектуальная игра для обучающихся УГГУ «Интуиция» | I-V | 10.11.2024 | Коновалов П. А. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 26 | Интеллектуальная игра для обучающихся УГГУ «Квиз-турнир» | I-V | 16.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 27 | Новогодняя студенческая елка «Елка желаний» | I-V | 24.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 28 | Традиционная новогодняя лотерея среди членов профсоюза | I-V | 25.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 29 | Культурно-массовое мероприятие для обучающихся УГГУ «Турнир по киберспорту» | I-V | 25.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 30 | Образовательный проект «MediaLife» | I-V | 10.01.2025–28.03.2025 | Сухомлин С. Д. |
| 31 | Интеллектуальная онлайн игра «Что? Где? Когда?», посвященная Всероссийскому дню студента | I-V | 25.01.2025 | Коновалов П. А. |
| 32 | Встреча ректора университета со студенческим активом | I-V | 25.01.2025 | Шехтман Д. А. |
| 33 | Традиционное исполнение студенческих желаний ректором УГГУ А.В. Душиным | I-V | 25.01.2025 | Шехтман Д. А. |
| 34 | Образовательный проект АССК.про | I-V | 15.02.2025-01.04.2025 | Сухомлин С. Д. |
| 35 | Образовательный проект «GM School» для студентов и активистов УГГУ | I-V | 04.04.2025-08.04.2025 | Сухомлин С. Д. |
| 36 | Очный этап образовательного проекта АССК.про | I-V | 01.05.2025-30.05.2025 | Сухомлин С. Д. |
| | *8. Профилактика и безопасность* | | | |
| 37 | Подготовка к социально-психологическому тестированию (сбор сведений, проверка технических возможностей) | I-V | 01.08.2024-31.08.2024 | Первушина А. А. |
| 38 | Размещение информационных материалов по вопросам антитеррористической защищённости | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Волков С. А., Пономарева Т. В. |
| 39 | Профилактика деструктивных явлений в студенческой среде (подготовка и размещение публикаций на сайте ФГХ, в сообществе «Педагог-психолог УГГУ» и подготовка информационных листов-вкладышей ) | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Первушина А.А. |
| 40 | Подготовка к социально-психологическому тестированию | I-V | 01.09.2024-30.09.2024 | Первушина А .А. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (подготовка списков, генерация паролей, информационная кампания) | | | |
| 41 | Размещение информационных материалов об антикоррупционных мероприятиях и нормативной базе в сфере противодействия коррупции | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Волков С. А., Пономарева Т. В. |
| 42 | Патриотическая акция, посвященная Дню солидарности в борьбе с терроризмом | I-V | 03.09.2024 | Старостин А. Н. Суслонов П. Е |
| 43 | Проведение социально-психологического тестирования | I-V | 01.10.2024-30.10.2024 | Первушина А. А. |
| 44 | Основы безопасного общения и способы защиты от негативного влияния со стороны лиц и групп деструктивной и экстремистской направленности (беседа-тренинг с обучающимися) | I-V | 01.10.2024-30.10.2024 | Старостин А. Н. Суслонов П. Е |
| 45 | Подготовка документации по итогам социально-психологического тестирования | I-V | 01.11.2024-30.11.2024 | Первушина А. А. |
| 46 | Разговор на равных (Тема: профилактика межнациональных и межконфессиональных конфликтов) | I-V | 12.11.2024 | Старостин А. Н. |
| 47 | Организация процедуры получения результатов социально-психологического тестирования и подготовка плана работы с лицами «группы риска» | I-V | 01.12.2024-30.12.2024 | Первушина А. А. |
| 48 | Профилактика деструктивных явлений в период сессии: публикация «От сессии до сессии… Продолжение» | I-V | 10.01.2025 | Первушина А. А. |
| 49 | Профилактика деструктивных явлений в студенческой среде: публикации информационно-просветительского, профилактического характера на психологическую тематику: «Моя свобода и/или свобода другого?» (профилактика буллинга/кибербуллинга) | I-V | 01.03.2025-31.03.2025 | Первушина А. А. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 50 | Профилактика деструктивных явлений в студенческой среде: публикации информационно-просветительского, профилактического характера на психологическую тематику: «Кому выгодно кормить наше ЭГО?» (профилактика правонарушений и экстремистских проявлений) | I-V | 01.04.2025-30.04.2025 | Первушина А. А. |
| | *9. Социальное партнёрство и участие работодателей* | | | |
| 51 | Уральский горнопромышленный форум | I-V | 01.10.2024-31.10.2024 | Костюк П. А. |
| 52 | Экскурсионные мероприятия (Альфа-банк) | I-V | 04.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 53 | VIII Международный инженерный чемпионат Case-in | I-V | 01.03.2025-31.03.2025 | Костюк П. А. |
| 54 | Экскурсионные мероприятия (Екатеринбургский метрополитен) | I-V | 29.03.2025 | Коновалов П. А., Коренькова М. А. |
| 55 | Всероссийский фестиваль по робототехнике | I-V | 01.04.2025-30.04.2025 | Кухарева А. А. |
| 56 | Ярмарка студентов | I-V | 20.04.2025 | Коренькова М. А. |
| 57 | Уральская горнопромышленная декада | I-V | 01.05.2025-30.05.2025 | Валиев Н. Г. Лебзин М. С. |
| | *10. Профессиональное развитие, адаптация и трудоустройство* | | | |
| 58 | Профориентационные презентации для абитуриентов | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Кухарева А. А. |
| 59 | Экскурсии по УГГУ для абитуриентов | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Кухарева А. А. |
| 60 | Культурно-массовое мероприятие «Межвузовский Since-Slame» | I-V | 02.11.2024-03.11.2024 | Шехтман Д. А. |
| 61 | День памяти погибших при исполнении служебных обязанностей сотрудников органов внутренних дел | I-V | 08.11.2024 | Мальцев Н. В. |
| 62 | Культурно-массовое мероприятие «Экскурсия в Уральский геологический музей» | I-V | 17.11.2024 | Иванова Н. С. |
| 63 | Отборочный этап студенческих проектов «Проектный конвейер» | I-V | 19.11.2024 | Шехтман Д. А. |
| 64 | Лекция от приглашенного спикера для обучающихся о развитии личностных качеств | I-V | 24.11.2024 | Коновалов П. А. |
| 65 | День юриста | I-V | 03.12.2024 | Мальцев Н. В. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 66 | Тематическая выставка «Пожарное и спасательное дело в России» | I-V | 09.01.2025-31.01.2025 | Справцева Е. А. |
| 67 | Конкурс профессионального мастерства «Студенческий лидер УГГУ» | I-V | 25.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 68 | День открытых дверей УГГУ | I-V | 26.03.2025 | Гензель О. В. |
| 69 | Организация и проведение мероприятия «Встреча выпускников всех поколений и День геолога» | I-V | 01.04.2025-30.04.2025 | Нижников Е. В. |
| 70 | Тематическая выставка «Нефтегазовая отрасль – поле для инноваций» | I-V | 01.04.2025-15.04.2025 | Справцева Е. А. |
| 71 | Поход студентов геологов «Тур де ФГиГ» | I-V | 04.05.2025 | Коновалов П. А. |
| 72 | Организация и проведение мероприятия «Торжественное вручение дипломов выпускникам УГГУ» | I-V | 01.07.2025-10.07.2025 | Нижников Е. В. |
| | *11. Воспитание здорового образа жизни* | | | |
| 73 | Проект «Уральская студенческая баскетбольная лига» | I-V | 01.09.2024-25.12.2024 | Сухомлин С. Д. |
| 74 | Психологическое консультирование | I-V | 01.09.2024-25.06.2025 | Первушина А. А. |
| 75 | Спортивно-массовое мероприятие «Турнир по Пейнтболу среди обучающихся УГГУ» | I-V | 20.09.2024-24.09.2024 | Сухомлин С. Д. |
| 76 | Осенний турслет | I-V | 24.09.2024-26.09.2024 | Комаров А. А. |
| 77 | Чемпионат УГГУ по стрельбе «Меткий стрелок» | I-V | 25.10.2024-31.10.2024 | Комаров А. А. |
| 78 | Спортивно-массовое мероприятие «День Рождение ССК УГГУ «Горная Машина» | I-V | 07.11.2024 | Сухомлин С. Д. |
| 79 | Профилактическое мероприятие «Экспресс-тестирование на ВИЧ» | I-V | 18.11.2024-19.11.2024 | Медянникова Н. Г. |
| 80 | Спортивно-массовое мероприятие для обучающихся УГГУ «Неделя баскетбола» | I-V | 13.12.2024-20.12.2024 | Сухомлин С. Д. |
| 81 | Студенческий спортивный баттл | I-V | 17.12.2024 | Сухомлин С. Д |
| 82 | Фестиваль зимних видов спорта, посвященный Всемирному дню снега | I-V | 15.01.2025-16.01.2025 | Сухомлин С. Д. |
| 83 | Внутривузовский отборочный этап чемпионата АССК России по 5-и видам спорта | I-V | 15.02.2025–01.03.2025 | Сухомлин С. Д. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 84 | Спортивно-массовое мероприятие Турнир по страйкболу среди факультетов УГГУ, посвященный 23 февраля | I-V | 21.02.2025 | Коновалов П. А. |
| 85 | Спортивный турнир среди женских команд факультетов УГГУ, посвященный «Международному женскому дню» | I-V | 04.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 86 | Проект «От Студзачета к знаку отличия ГТО» | I-V | 14.03.2025-21.03.2025 | Сухомлин С. Д. |
| 87 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по баскетболу | I-V | 15.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 88 | Профилактическое мероприятие для обучающихся УГГУ «Экспресс-тестирование на ВИЧ» | I-V | 16.03.2025 | Медянникова Н. Г. |
| 89 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по настольному теннису | I-V | 16.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 90 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по стрельбе из пневматического ружья | I-V | 17.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 91 | Спортивное мероприятие туристического клуба «Скалы Петра Гронского» | I-V | 19.03.2025 | Комаров А. А. |
| 92 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по минифутболу | I-V | 22.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 93 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по волейболу | I-V | 23.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 94 | Ежегодная спартакиада общежитий УГГУ по шахматам | I-V | 24.03.2025 | Коновалов П. А. |
| 95 | Оценка уровня информированности и отношение к проблеме эпидемии ВИЧ-инфекции среди студентов | I-V | 01.04.2025-30.04.2025 | Медянникова Н. Г. |
| 96 | Поход туристического клуба «Авантюрин» - «Покорение скал» | I-V | 02.04.2025-03.04.2025 | Комаров А. А. |
| 97 | Мероприятие, приуроченное к Всемирному дню здоровья | I-V | 07.04.2025 | Коновалов П. А. |
| 98 | Профилактическая акция для обучающихся УГГУ «Что выберешь ты?» | I-V | 14.04.2025 | Коновалов П. А. |
| 99 | Фестиваль летних уличных видов спорта «Горный X-games» | I-V | 06.06.2025 | Сухомлин С. Д. |
| | *12. Художественно-эстетическое воспитание* | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 100 | Культурно-массовое мероприятие «День знаний» | I-V | 01.09.2024 | Нижников Е. В |
| 101 | Участие университетской команды КВН в центральной/официальной лиге МС КВН (полуфинал) | I-V | 01.09.2024 30.10.2024 | Нижников Е. В |
| 102 | Участие коллектива УГГУ «ГрандMajor» в Международном фестивале по «Мажореткам» | I-V | 01.10.2024-30.10.2024 | Нижников Е. В. |
| 103 | Культурно-массовое мероприятие для обучающихся УГГУ «Литературный вечер» | I-V | 07.10.2024 | Коновалов П. А. |
| 104 | Культурно-массовое мероприятие «День культуры африканских стран» | I-V | 12.10.2024 | Иванова Н. С. |
| 105 | Культурно-массовое мероприятие для обучающихся УГГУ – Флешмоб, посвященный Дню первокурсника | I-V | 14.10.2024-21.10.2024 | Коновалов П. А. |
| 106 | Культурно-массовое мероприятие Смотр Художественной Самодеятельности для обучающихся первого курса | I-V | 20.10.2024 | Коновалов П. А. |
| 107 | Культурно-массовое мероприятие «День первокурсника» | I-V | 21.10.2024 | Нижников Е. В. |
| 108 | Международная просветительская акция «Большой этнографический диктант» | I-V | 01.11.2024-30.11.2024 | Старостин А. Н., Суслонов П. Е. |
| 109 | Участие университетской команды КВН в центральной/официальной лиге МС КВН (финал) | I-V | 01.11.2024-30.11.2024 | Нижников Е. В. |
| 110 | Фестиваль команд КВН «Уральские горы юмора» | I-V | 25.11.2024 | Нижников Е. В. |
| 111 | Культурно-массовое мероприятие для обучающихся УГГУ «Зимний бал 2024» | I-V | 23.12.2024 | Коновалов П. А. |
| 112 | Культурно-массовое мероприятие «Новый Год для детей работников УГГУ» | I-V | 23.12.2024 | Шехтман Д. А. |
| 113 | Культурно-массовое мероприятие «Новый год для иностранных студентов УГГУ». Конкурс рассказов о национальных новогодних традициях | I-V | 24.12.2024 | Иванова Н. С. |
| 114 | Конкурс красоты «Мисс и Мистер УГГУ-2025» | I-V | 24.03.2025 | Нижников Е. В. |
| 115 | Культурно-массовое мероприятие для обучающихся | I-V | 21.04.2025 | Коновалов П. А. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | УГГУ «Смотр художественной самодеятельности» | | | |
| 116 | Отчетный концерт студенческого культурного центра | I-V | 26.05.2025 | Нижников Е. В. |
| | *13. Экологическое воспитание* | | | |
| 117 | Экологическая акция по сбору отработанных батареек и пластиковых крышечек | I-V | 01.09.2024-30.09.2024 | Ершова А. А. |
| 118 | Реализация проекта «Экодворы» с Всероссийским экологическим движением «Делай!» | I-V | 01.09.2024-30.12.2024 | Ершова А. А. |
| 119 | Проведение субботников, совместно с Всероссийским экологическим движением «Делай!» | I-V | 20.09.2024-20.10.2024 | Ершова А. А. |
| 120 | Посадки саженцев деревьев с Всероссийским экологическим движением «Делай!» | I-V | 20.09.2024-20.11.2024 | Ершова А. А. |
| 121 | Экологические занятия в школах г. Екатеринбург | I-V | 01.01.2025-30.04.2025 | Ершова А. А. |
| 122 | Выезд эковолонтеров университета ИЭФ-TRIP “Источники” | I-V | 17.02.2025 | Коновалов П. А. |
| 123 | Проведение субботников, совместно с Всероссийским экологическим движением «Делай!» | I-V | 01.04.2025-30.04.2025 | Ершова А. А. |
| 124 | Выезд эковолонтеров университета ИЭФ-TRIP «Челябинская область» | I-V | 11.05.2025 | Коновалов П. А. |
| | *14. Волонтерское движение* | | | |
| 125 | Ежегодная благотворительная акция «Полезная макулатура» | I-V | 01.11.2024-01.12.2024 | Коновалов П. А., Ершова А. А. |
| 126 | День добровольца (волонтера) в России | I-V | 05.12.2024 | Ершова А. А. |
| 127 | Акция, приуроченная к национальному дню донора в России | I-V | 26.04.2025 | Коновалов П. А. |
| 128 | Посещение волонтерами ветеранов ВОВ и тружеников тыла, приуроченное ко «Дню Победы» | I-V | 02.05.2025-11.05.2025 | Ершова А. А. |

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Специальности
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Кузнецов А.М.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В.. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 3
1.1 Требования к выпускной квалификационной работе 3
1.2 Порядок выполнения выпускной квалификационной работы 16

2 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 18

3 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 19
3.1 Тематика выпускных квалификационных работ 19
3.2 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность универсальных компетенций 19
3.3 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общепрофессиональных компетенций 20

ПРИЛОЖЕНИЯ 21

# ВВЕДЕНИЕ

Программа государственной итоговой аттестации по основной профессиональной образовательной программе по специальности – 21.05.04 Горное дело, направленность (профиль): «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» составлена в соответствии с требованиями:

- Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29.06.2015 № 636;
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело, утверждённого приказом Минобрнауки России от 12.08.2020 № 987;
- локальных нормативных актов университета, регламентирующих порядок проведения государственной итоговой аттестации.

Программа государственной итоговой аттестации включает:

I. Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения (методические рекомендации по выполнению выпускных квалификационных работ);

II. Критерии оценки защиты выпускных квалификационных работ;

III. Оценочные материалы;

IV. Приложения.

# I МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## 1.1 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

### *1.1.1 Общие положения*

Государственная итоговая аттестация представляет собой процесс итоговой проверки и оценки компетенций выпускника, полученных в результате обучения. Государственная итоговая аттестация выпускника высшего учебного заведения является обязательной и осуществляется после освоения образовательной программы в полном объеме. Цель итоговой государственной аттестации выпускников – установление уровня готовности выпускника к выполнению профессиональных задач.

Государственная итоговая аттестации выпускников, завершивших освоение основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.04 Горное дело, направленность (профиль): «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» осуществляется в форме выполнения, подготовки к процедуре защиты выпускной квалификационной работы и защиты выпускной квалификационной работы.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации – 18 з.е.:

- выполнение, подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы – 15 з.е.;
- процедура защиты выпускной квалификационной работы – 3 з.е.

| Трудоемкость государственной итоговой аттестации | | | | |
|---|---|---|---|---|
| кол-во з.е. | часы | | | |
| | общая | контактная работа | СР | |
| 15 | 540 | 33 | 507 | Выполнение, подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы |
| 3 | 108 | 2 | 106 | Процедура защиты ВКР |

*1.1.2 Цели и задачи выпускной квалификационной работы*

Цель выполнения выпускной квалификационной работы (далее – ВКР):

систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных профессиональных задач;

развитие навыков ведения самостоятельной работы и применения методик исследования и экспериментирования при решении разрабатываемых в выпускной квалификационной работе проблем и вопросов;

выяснение подготовленности обучающихся для самостоятельной работы по задачам профессиональной деятельности, определенных федеральным государственным образовательным стандартом (далее - ФГОС) специальности 21.05.04 Горное дело.

Выпускная квалификационная работа выполняется, как правило, на материалах организаций (баз практики) с учетом проблем, требующих решения в данной организации.

Основными задачами, которые должен решить обучающийся при выполнении выпускной квалификационной работы являются:

обоснование актуальности и значимости выбранной темы работы;

изучение теоретических положений по проблеме, сущности проблемы, нормативной документации;

обоснование необходимости и возможности применения определенных (в том числе) современных методик в решении задачи, поставленной в работе;

сбор необходимой информации с привлечением первичных и вторичных источников;

разработка практических рекомендаций и предложений, их экономическое и технологическое обоснование;

оформление ВКР в соответствии с нормативными требованиями.

В ходе государственной итоговой аттестации проверяется сформированность следующих компетенций:

*универсальных*

| *Код и наименование компетенции* | *Код и наименование индикатора достижения компетенции* |
|---|---|
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.1 Выбирает информационные ресурсы для поиска информации в соответствии с поставленной задачей.<br>УК-1.2 Оценивает соответствие выбранного информационного ресурса критериям полноты и аутентичности.<br>УК-1.3 Систематизирует обнаруженную информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи.<br>УК-1.4 Использует системный подход для решения поставленных задач. |
| УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | УК-2.1 Разрабатывает план осуществления проекта на всех этапах его жизненного цикла с учетом потребностей в необходимых ресурсах, имеющихся ограничений, возможных рисков.<br>УК-2.2 Осуществляет мониторинг реализации проекта на основе структуризации всех процессов и определения зон ответственности его участников.<br>УК-2.3 Публично представляет результаты проекта, вступает в обсуждение хода и результатов проекта. |
| УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели | УК-3.1 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи.<br>УК-3.2 Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели. |

| | |
|---|---|
| | УК-3.3 Организует и корректирует работу команды в том числе на основе коллегиальных решений. |
| УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия | УК-4.1 Ведет обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке.<br>УК-4.2 Ведет обмен деловой информацией в устной и письменной формах не менее чем на одном иностранном языке.<br>УК-4.3 Использует современные информационно-коммуникативные средства для коммуникации. |
| УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия | УК-5.1 Толерантно воспринимает социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия.<br>УК-5.2 Анализирует современное состояние общества на основе знания истории.<br>УК-5.3 Интерпретирует проблемы современности с позиций этики и философских знаний. |
| УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни | УК-6.1 Эффективно планирует собственное время.<br>УК-6.2 Планирует траекторию своего профессионального развития и предпринимает шаги по ее реализации.<br>УК-6.3 Адекватно определяет свою самооценку, осуществляет самопрезентацию, составляет резюме. |
| УК-7 Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности | УК-7.1 Использует основы физической культуры для осознанного выбора здоровьесберегающих технологий с учетом внутренних и внешних условий.<br>реализации конкретной профессиональной деятельности.<br>УК-7.2 Выполняет индивидуально подобранные комплексы оздоровительной или адаптивной физической культуры.<br>УК-7.3 Выбирает и применяет рациональные способы и приемы сохранения физического здоровья, профилактики заболеваний, психофизического и нервно-эмоционального утомления. |
| УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов | УК-8.1 Выявляет возможные угрозы для жизни и здоровья в повседневной и профессиональной деятельности.<br>УК-8.2 Понимает, как создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.<br>УК-8.3 Демонстрирует приемы оказания первой помощи. |
| УК-9 Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах | УК-9.1 Применяет базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах.<br>УК 9.2 Применяет навыки взаимодействия в социальной и профессиональной сферах с лицами из числа инвалидов и лицами с ограниченными возможностями здоровья. |
| УК-10 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности | УК-10.1 Понимает основные проблемы, базовые принципы и законы функционирования экономики, роль государства в экономическом развитии.<br>УК-10.2 Понимает поведение потребителей и производителей экономических благ, особенности рынков факторов производства. |

| | |
|---|---|
| | УК-10.3 Понимает цели, виды и инструменты государственной экономической политики и их влияние на субъектов экономики.<br>УК-10.4 Применяет методы личного финансового планирования, использует финансовые инструменты для управления собственным бюджетом, контролирует личные финансовые риски. |
| УК-11 Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности | УК-11.1 Знает законодательство, направленное на борьбу с экстремизмом, терроризмом, коррупцией.<br>УК-11.2 Понимает правовые нормы, обеспечивающие борьбу с экстремизмом, терроризмом, коррупцией в различных областях жизнедеятельности |

*общепрофессиональных*

| *Код и наименование компетенции* | *Код и наименование индикатора достижения компетенции* |
|---|---|
| ОПК-1 Способен применять законодательные основы в областях недропользования, обеспечения экологической и промышленной безопасности при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-1.1 Анализирует законодательные основы в областях недропользования, обеспечения экологической и промышленной безопасности.<br>ОПК-1.2 Проверяет документацию на соответствие требованиям законодательства и нормативно-правовых актов в области недропользования, экологической и промышленной безопасности. |
| ОПК-2 Способен применять навыки анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-2.1 Анализирует горно-геологические условия при эксплуатационной разведке.<br>ОПК-2.2 Анализирует горно-геологические условия при добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов. |
| ОПК-3 Способен применять методы геолого-промышленной оценки месторождений твердых полезных ископаемых, горных отводов | ОПК-3.1 Выбирает и применяет методы геолого-промышленной оценки месторождений твердых полезных ископаемых, горных отводов.<br>ОПК-3.2 Анализирует данные геолого-промышленной оценки для определения основных параметров разработки месторождений твердых полезных ископаемых и горных отводов. |
| ОПК-4 Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр | ОПК-4.1 Исследует строение, химический и минеральный состав земной коры.<br>ОПК-4.2 Анализирует и оценивает морфологические особенности рудных тел и генетических типов месторождений твердых полезных ископаемых. |
| ОПК-5 Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-5.1 Исследует физико-механические, физико-технические свойства горных пород, породных массивов, техногенных отложений и их структурно-механические особенности.<br>ОПК-5.2 Использует нормативные документы в области определения свойств пород, породных массивов, техногенных отложений. |
| ОПК-6 Способен применять методы анализа и знания закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при | ОПК-6.1 Анализирует закономерности поведения и управления свойствами горных пород.<br>ОПК-6.2 Оценивает напряженно-деформированное состояние горного массива при добыче и переработке |

| | |
|---|---|
| строительстве и эксплуатации подземных объектов | твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов. |
| ОПК-7 Способен применять санитарно-гигиенические нормативы и правила при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-7.1 Использует гигиенические нормативы, санитарные нормы и правила при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых и подземных объектов.<br>ОПК-7.2 Идентифицирует факторы производственной среды и трудового процесса. |
| ОПК-8 Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов | ОПК-8.1 Использует прикладное программное обеспечение общего назначения.<br>ОПК-8.2 Использует прикладное программное обеспечения специального назначения и моделирования горных и геологических объектов. |
| ОПК-9 Способен осуществлять техническое руководство горными и взрывными работами при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов, непосредственно управлять процессами на производственных объектах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций | ОПК-9.1 Осуществляет подбор основных параметров подземных сооружений и технологических процессов при ведении горно-строительных работ.<br>ОПК-9.2 Осуществляет обоснованный выбор способа, параметров и технологии ведения взрывных работ.<br>ОПК-9.3 На основе нормативных документов, разрабатывает рабочую документацию регламентирующую порядок выполнения горных работ и функционирование технических систем горного производства. |
| ОПК-10 Способен применять основные принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов | ОПК-10.1 Осуществляет обоснованный выбор технологии разработки месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов.<br>ОПК-10.2 Применяет основные принципы технологии переработки твердых полезных ископаемых.<br>ОПК-10.3 Демонстрирует понимание задач профессиональной деятельности в горном деле, целей собственной деятельности с учетом карьерных возможностей, временной перспективы равития деятельности и требований рынка труда. |
| ОПК-11 Способен разрабатывать и реализовывать планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-11.1 Анализирует производственные процессы и их воздействие на окружающую среду.<br>ОПК-11.2 Разрабатывает планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду.<br>ОПК-11.3 Использует способы и методы контроля состояния окружающей среды. |
| ОПК-12 Способен определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты | ОПК-12.1 Определяет пространственно-геометрическое положение объектов на земной поверхности, в подземных и открытых горных выработках, осуществляют вынос проектов в натуру и их контроль, подсчет объемов горных и строительных работ с использованием маркшейдерско-геодезических приборов и инструментов.<br>ОПК-12.2 Обрабатывает результаты маркшейдерско-геодезических измерений и осуществляет их интерпретацию.<br>ОПК-12.3 Создает и пополняет маркшейдерско-геодезическую и горно-графическую документации. |

| | |
|---|---|
| ОПК-13 Способен оперативно устранять нарушения производственных процессов, вести первичный учет выполняемых работ, анализировать оперативные и текущие показатели производства, обосновывать предложения по совершенствованию организации производства | ОПК-13.1 Осуществляет с учетом требований рыночной конъюнктуры и современных достижений науки и техники разработку мер по совершенствованию систем управления производством в целях реализации стратегии предприятия и достижения наибольшей эффективности производства и повышения качества работы.<br>ОПК-13.2 Анализирует состояние действующих систем управления производством и разрабатывает мероприятия по ликвидации выявленных недостатков и их предупреждению.<br>ОПК-13.3 Участвует в составлении проектов перспективных и текущих планов развития производства, в разработке рациональных организационных структур управления производством.<br>ОПК-13.4 Изучает и обобщает передовой отечественный и зарубежный опыт в области организации управления производством, разрабатывает предложения по его внедрению. |
| ОПК-14 Способен разрабатывать проектные инновационные решения по эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов | ОПК-14.1 Принимает участие в разработке проектных инновационных решений.<br>ОПК-14.2 Обосновывает комплекс взаимосвязанных решений, обеспечивающих разработку инновационного проекта.<br>ОПК-14.3 Создает технологические линии автоматизированного проектирования разведки и эксплуатации месторождений. |
| ОПК-15 Способен в составе творческих коллективов и самостоятельно, контролировать соответствие проектов требованиям стандартов, техническим условиям и документам промышленной безопасности, разрабатывать, согласовывать и утверждать в установленном порядке технические и методические документы, регламентирующие порядок, качество и безопасность выполнения горных, горностроительных и взрывных работ | ОПК-15.1 Участвует в разработке и согласовании проектов с учетом требований нормативной документации и законодательных актов<br>ОПК-15.2 Использует требования, регламентирующие порядок, качество и безопасность выполнения горных, горно-строительных и взрывных работ при разработке технических и методических документов |
| ОПК-16 Способен применять навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов | ОПК-16.1 Участвует в разработке систем обеспечения экологической и промышленной безопасности с учетом требования законодательства и нормативных документов.<br>ОПК 16.2 Выполняет расчеты технических средств и систем безопасности. |
| ОПК-17 Способен применять методы обеспечения промышленной безопасности, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций, при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов | ОПК-17.1 Определяет способ применения методов обеспечения промышленной безопасности.<br>ОПК-17.2 Владеет алгоритмом применения планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий и чрезвычайных ситуаций. |
| ОПК-18 Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов | ОПК-18.1 Владеет методикой научного исследования в предметной области. |

| | |
|---|---|
| | ОПК-18.2 Демонстрирует знание основных методов моделирования и обработки данных в научных исследованиях. |
| ОПК-19 Способен выполнять маркетинговые исследования, проводить экономический анализ затрат для реализации технологических процессов и производства в целом | ОПК-19.1 Понимает перспективы развития соответствующей отрасли экономики, организацию, планирование и экономику проектирования и инженерных изысканий; основы экономики, организации труда и организации производства; основы трудового законодательства.<br>ОПК-19.2 Анализирует работу цехов и участков, изыскивает возможности сокращения цикла изготовления продукции, выполнения работ (услуг), выявляет производственные резервы оптимизации времени, объемов, и разрабатывает предложения по их использованию, проводит экономический анализ затрат.<br>ОПК-19.3 Участвует в проведении маркетинговых исследований и прогнозировании развития производства.<br>ОПК-19.4 Разрабатывает мероприятия по совершенствованию трудовых процессов и операций, применению современных технических средств управления производством с необходимыми расчетами экономической эффективности их внедрения. |
| ОПК-20 Способен участвовать в разработке и реализации образовательных программ в сфере своей профессиональной деятельности, используя специальные научные знания | ОПК-20.1 Владеет методикой обобщения результатов научных исследований при разработке образовательных программ в сфере профессиональной деятельности.<br>ОПК-20.2 Демонстрирует готовность использовать законченные исследования в учебном процессе. |
| ОПК-21 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ОПК-21.1 Понимает принципы работы современных информационных технологий<br>ОПК-21.2 Использует современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности |

*профессиональных*

| *Код и наименование компетенции* | *Код и наименование индикатора достижения компетенции* |
|---|---|
| ПК-1.1 Способен демонстрировать знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать соверменные прикладные инженерные задачи | ПК-1.1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекает для их решения соответствующий физико-математический аппарат.<br>ПК-1.1.2 Использует положения, законы и методы естественных наук при решении профессиональных задач.<br>ПК-1.1.3 Использует знания в междисциплинарных областях при решении прикладных инженерных задач и эксплуатации технических средств разработки месторождений. |
| ПК-1.2 Способен ко внедрению, обеспечению функционирования и мониторингу систем управления охраной труда в горной промышленности | ПК-1.2.1 Использует нормативное обеспечение системы управления охраной труда и подготовки работников в области охраны труда.<br>ПК-1.2.2 Принимает участие в сборе, обработке и передаче информации по вопросам условий и охраны труда, снижение уровней профессиональных рисков. |

| | |
|---|---|
| | ПК-1.2.3 Контролирует соблюдение законодательства в области охраны труда и промышленной безопасности. |
| ПК-1.3 Способен к организации и управлению производственными процессами горно-добывающих и перерабатывающих производств | ПК-1.3.1 Использует современные методы управления производственными процессами горно-добычного производства.<br>ПК-1.3.2 Участвует в организации управления процессами горного предприятие.<br>ПК-1.3.3 Планирует производственную и финансовую деятельность горного предприятия. |
| ПК-1.4 Способен использовать нормативные документы по охране труда, промышленной безопасности и промышленной санитарии при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых и подземных объектов | ПК-1.4.1 Обосновывает использование нормативно-технической документации по охране труда и промышленной безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий.<br>ПК-1.4.2 Использует нормативные документы по промышленной санитарии при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий. |
| ПК-1.5 Способен организовывать работу по анализу состояния условий труда, совершенствованию и модернизации систем, средств и технологий обеспечения промышленной безопасности горного производства, работу по обучению работников культуре безопасности | ПК-1.5.1 Использует современные методы обучения в области безопасности деятельности.<br>ПК-1.5.2 Анализирует состояние условий труда и совершенствует системы, методы и средства обеспечения безопасности. |
| ПК-1.6 Способен проектировать системы защиты человека от опасных и вредных факторов производственной среды горных предприятий на основе научно-обоснованных методов и нормативных документов обеспечения безопасного ведения горных и взрывных работ при применении различных технологий разработки месторождений, освоении подземного пространства, с учетом мирового опыта и требований международных стандартов безопасности и охраны окружающей среды | ПК-1.6.1 Использует современные технологии для проектирования систем защиты человека в производственных условиях.<br>ПК-1.6.2 Вносит предложения на основе мирового опыта и требований международных стандартов безопасности и охраны окружающей среды по совершенствованию безопасного ведения горных и иных работ. |

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающиеся должны *показать*, опираясь на полученные знания, умения и полученные навыки:

сформированные универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции;

способность самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности;

навыки постановки исследовательской проблемы, ее самостоятельного обсуждения, анализа возможных вариантов ее решения;

способность грамотно излагать специальную информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения;

умение самостоятельного квалифицированного библиографического поиска, изучения и анализа научной литературы по теме;

навыки использования методологических, историко-философских и конкретных знаний, полученных в процессе обучения, для решения поставленной в работе проблемы;

умение написания профессионально грамотного текста и оформления его в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным публикациям;

использование в работе современных технологий.

### *1.1.3 Общие требования к выпускной квалификационной работе*

Выпускная квалификационная работа должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной (иметь теоретическое обоснование актуальности изучаемой проблемы в современных условиях хозяйственной деятельности);
- носить практический или научно-исследовательский характер;
- представлять самостоятельное исследование, демонстрирующее способность выпускника решать профессиональные проблемы, делать на основе анализа учебной и специальной литературы, нормативной и технической документации соответствующие выводы и вносить предложения;
- отражать добросовестность обучающегося в использовании опубликованных материалов других авторов.

Общие требования к выпускной квалификационной работе – целевая направленность; четкость построения; логическая последовательность изложения материала; глубина исследования и полнота освещения вопросов; убедительность аргументаций; доказательность выводов и обоснованность рекомендаций; грамотное оформление.

Текст выпускной квалификационной работы должен демонстрировать:

- знакомство автора с литературой вопроса;
- умение выделить проблему и определить методы ее решения;
- умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, грамотно цитировать ведущих исследователей, делать ссылки на использованные источники;
- умение собирать, обобщать, анализировать нормативные документы, практические материалы, полученные в результате собственного исследования в организации;
- достоверность и конкретность изложения фактических и экспериментальных данных о работе организации;
- обоснование выводов и предложений по результатам исследования, их конкретный характер, практическую ценность для решения исследуемых проблем;
- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- четкость и логичность изложения мыслей, доказательность целесообразности и эффективности предлагаемых решений;
- приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

### *1.1.4 Выбор, согласование и утверждение темы выпускной квалификационной работы*

Выбор темы выпускной квалификационной работы осуществляется обучающимся по согласованию с руководителем ВКР и (или) специалистами организации-базы практики, где будет проходить преддипломная практика. При выборе темы ВКР необходимо исходить из:

актуальности проблемы и значимости ее для научной и практической деятельности;

потребностей развития и совершенствования деятельности конкретной организации;

интересов, склонностей в научно-исследовательской работе обучающегося, а также перспектив его будущей профессиональной деятельности;

возможности получения информации для проведения анализа и обоснования предлагаемых решений.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ разрабатывается выпускающей кафедрой и доводится до сведения обучающихся. Обучающийся может предложить свою тему, обосновав целесообразность ее разработки. Тема выпускной квалификационной работы может являться продолжением тем, ранее представленных обучающимся в рамках курсовых работ (проектов).

Для успешного выполнения выпускной квалификационной работы необходимо уже на первом этапе (выбор темы) четко сформулировать цель работы (отражающуюся в ее названии) и задачи.

После выбора темы, согласования ее с руководителем ВКР, обучающийся подает заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы выпускной квалификационной работы (приложение 1).

Закрепление тем выпускных квалификационных работ за обучающимися оформляется приказом по университету. Следует иметь в виду, что **тема, утвержденная приказом ректора университета, изменению не подлежит**. Исключение могут составить лишь случаи возникновения объективных непреодолимых препятствий к ее разработке. Изменение оформляется приказом по университету на основании письменного заявления обучающегося и представления заведующего кафедрой.

### *1.1.5 Структура и содержание выпускной квалификационной работы*

Структурные элементы выпускной квалификационной работы **перечислены ниже в порядке их расположения и брошюровки.**

1. Титульный лист (приложение 2)
2. Сопроводительные документы к выпускной квалификационной работе:

2.1 Задание на выполнение выпускной квалификационной работы (приложение 3).

2.2 Отзыв руководителя ВКР (приложение 4).

2.3 Отзыв рецензента (приложение 5).

2.4 Если результаты исследования нашли практическое применение, то прилагается документ, подтверждающий внедрение результатов исследования в практическую деятельность (приложение 6)

2.5 Справка о проверке в системе «Антиплагиат. ВУЗ» (приложение 7).

3. Содержание (приложение 8).
4. Введение.
5. Основная часть работы.
6. Заключение.
7. Список использованных источников (приложение 9).
8. Приложения.

*Титульный лист* должен содержать все необходимые идентификационные признаки, в частности, название работы, указание автора работы, руководителя.

На титульном листе подписью руководителя, консультанта (при наличии) подтверждается допуск выпускной квалификационной работы к защите.

Титульный лист учитывается в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы, порядковый номер на титульном листе не ставится.

*Сопроводительные документы* подшиваются следом за титульным листом работы, но в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы они не учитываются и порядковые номера на них не ставятся.

Цель составления *задания на выполнение выпускной квалификационной работы* – уяснение замысла работы и поставленных в ней основных проблем. Оформление задания на работу предполагает составление под контролем руководителя ВКР плана будущей работы.

Наличие *содержания* (плана работы) позволяет уйти от освещения вопросов, не относящихся к теме работы, обеспечить четкость и последовательность изложения материала, избежать пробелов и повторений, рационально организовать самостоятельный труд, сэкономить время.

Содержание работы помещают после справки о внедрении (если она есть). Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка симметрично тексту прописными буквами. В содержании работы указывается перечень всех глав и параграфов выпускной квалификационной работы, а также номера страниц, с которых начинается каждый из них (точно по тексту). Главы в выпускной квалификационной работе должны иметь в пределах всей работы порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами. Параграфы каждой главы должны иметь нумерацию в пределах каждой главы. Номер параграфа состоит из номера главы и непосредственно номера

параграфа в данной главе, отделенного от номера главы точкой. Заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

При этом надо иметь в виду, что названия глав и параграфов не должны дублировать друг друга, а также наименование темы работы. Каждая глава должна раскрывать часть темы, каждый параграф главы – часть содержания главы.

Введение, заключение, список использованных источников включают в содержание, но не нумеруют.

Пример оформления содержания выпускной квалификационной работы приведен в приложении 8.

Страницы содержания учитываются в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы, порядковый номер на странице не ставится.

Выполнение выпускной квалификационной работы рекомендуется начинать с написания «ВВЕДЕНИЯ». Естественно, в процессе исследования первичный текст введения будет меняться, иногда очень существенно. Но это не отрицает необходимости на начальном этапе поставить перед собой задачи исследования, отражаемые во введении.

«ВВЕДЕНИЕ» в общем случае имеет следующую структуру:

актуальность выбранной темы;

формулировка цели и определение конкретных задач исследования (они найдут отражение в содержании работы);

оценка современного состояния техники и технологии в данной области;

связь решаемых в работе вопросов с общими задачами развития предприятий.

Во введении следует коротко сформулировать актуальность темы, т.е. причину возникновения проблемы и ее суть. Актуальность определяется как значимость, важность и приоритетность выбранной темы исследования среди других тем. Она должна подтверждаться положениями и доводами, свидетельствующими в пользу научной и практической значимости решения проблем и вопросов, исследуемых в работе. Необходимо объяснить, почему именно выбранная тема представляет интерес на современном этапе развития. Обоснование актуальности темы работы не должно быть многословным. Главное – показать, как автор оценивает своевременность и социальную значимость выбранной темы.

От доказательства актуальности следует перейти к формулировке цели исследования. Цель исследования – это образ желаемого результата, то, что намерен достичь автор работы.

Цель выпускной квалификационной работы должна соответствовать названию темы. Цель работы формулируется кратко и точно. Например, «Цель выпускной квалификационной работы – … …».

Конкретизация цели осуществляется в задачах исследования. «Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи выпускной квалификационной работы:

- …;
- …;
- …
- …».

Формулировки задач необходимо делать очень тщательно, так как описание их решения должно составить содержание последующих глав (параграфов) выпускной квалификационной работы.

После того, как сформулированы цель и задачи, следует указать информационную базу и структуру выпускной работы, а именно:

«Выпускная квалификационная работа состоит из введения, разделов или частей основного текста, заключения, списка использованных источников, приложений».

Введение не должно превышать 2-3 страницы компьютерного набора.

Страницы введения учитываются в общей нумерации страниц работы, номер страницы проставляется.

*Основная часть выпускной квалификационной работы состоит из следующих разделов:*

В основной части работы излагается суть исследования (анализ изучаемого объекта), показывается понимание сущности избранной темы, знание используемых источников, умение сопоставлять различные точки зрения. Важно не механическое их сопоставление или бездоказательная критика отдельных авторов, а стремление к тому, чтобы отстаиваемые или разделяемые студентом суждения были подкреплены теоретическими положениями, фактами и конкретными примерами.

Если в работе критически рассматривается точка зрения какого-либо автора, при изложении его мысли следует приводить цитаты, только при этом условии критика может быть объективной. В качестве довода, подтверждающего ту или иную мысль, могут приводиться выводы, полученные специалистами по данной проблеме. В этих случаях допускается передача чужого мнения в форме свободного изложения, либо цитирование специальных мест из опубликованных работ с обязательной ссылкой на источники.

В выпускной квалификационной работе должна быть выдержана логическая связь между главами, последовательное развитие темы и доказательность.

*Первая глава*, как правило, носит теоретический характер, в ней может приводится обзор отечественной и зарубежной литературы по разрабатываемой проблеме, могут раскрываться основные понятия и сущность изучаемого вопроса, может даваться характеристика исследуемого объекта, обосновываться цель и задачи работы.

*Вторая и последующие главы*, как правило, содержат описание и результаты самостоятельного теоретического и экспериментального исследования.

Текст работы излагается самостоятельно (не допускается дословное переписывание использованной литературы), последовательно, грамотно и аккуратно, при написании работы необходимо употреблять профессиональные термины, избегать сложных грамматических оборотов. Обучающийся должен показать не только знание материала, но и умение разбираться в нем, творчески использовать основные положения источников. Материал, используемый из других источников, должен быть переработан, органически увязан с избранной обучающимся темой и изложен своими словами с приведением ссылок на источники информации.

Содержание выпускной квалификационной работы должно демонстрировать:

знакомство автора с учебной и научной литературой по теме выпускной квалификационной работы;

умение обобщать и анализировать материал литературных источников, выделить проблему и определить пути ее решения, последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, делать самостоятельные выводы;

владение понятийным и терминологическим аппаратом.

В тексте выпускной квалификационной работы следует избегать использования личных местоимений, заменяя их безличными формами (вместо «я считаю» - «автор считает», «мы полагаем»).

Рекомендуется использование вводных и соединительных слов – *таким образом, из этого следует, в связи и т.д*. – для подчеркивания причинно-следственных связей и выражения личного отношения к излагаемому материалу.

Все страницы основной части выпускной квалификационной работы участвуют в общей нумерации страниц, номера страниц проставляются.

«ЗАКЛЮЧЕНИЕ» выполняет роль концовки, обусловленной логикой проведенного исследования. Оно содержит изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении. Именно здесь содержится «выводное» знание, полученное в результате исследования. В заключении указывается вытекающая из конечных результатов теоретическая и практическая ценность, значимость. Заключительная часть предполагает обобщенную итоговую оценку проделанной работы.

В «ЗАКЛЮЧЕНИИ» находят отражение основные положения и выводы, содержащиеся во всех главах работы.

Объем заключения – 3-4 страницы.

Нумерация страниц, на которых приводится текст заключения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

*Список использованных источников* является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемой проблемы. При этом в список использованных источников включаются, как правило, те источники, на которые в работе имеются библиографические ссылки. Использованные источники должны содержать их полное описание по требованиям стандартов.

Порядок оформления списка использованных источников представлен в приложении 9.

Нумерация страниц, на которых приводится текст списка использованных источников, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

В *приложения* следует выносить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст.

К вспомогательному материалу относятся таблицы цифровых данных, инструкции, методики, иллюстрации вспомогательного характера, заполненные формы документов, выдержки из локальных нормативных актов и др.

Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

Объем выпускной квалификационной работы должен составлять – 70-110 страниц компьютерного набора (без приложений).

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающийся должен продемонстрировать навыки работы на персональном компьютере (например, статистическая обработка материалов, выполнение графических построений, проведения математических расчетов, использование программного обеспечения для решения конкретных задач, поставленных в работе).

### *1.1.6 Руководство выпускной квалификационной работой*

Общее руководство и контроль за ходом выполнения ВКР осуществляет выпускающая кафедра в лице руководителя ВКР. Руководитель ВКР:

помогает обучающемуся с выбором темы и разработкой плана работы;

оформляет задание на выполнение выпускной квалификационной работы;

оказывает обучающемуся помощь в разработке календарного графика на весь период выполнения выпускной квалификационной работы;

рекомендует обучающемуся необходимую литературу, нормативную документацию по теме;

систематически контролирует ход работы и информирует кафедру о состоянии дел;

дает подробный отзыв на законченную работу.

Проверяя работу, руководитель не должен превращаться в корректора или редактора, хотя замечания в этой части он тоже высказывает. Руководитель ВКР выявляет полноту, глубину и всесторонность рассмотрения поставленных в плане вопросов, последовательность изложения материала, достаточность использования литературы, аргументированность выводов, степень их обоснованности и самостоятельности. В случае обнаружения плагиата, ошибочных решений и научных положений по тем или иным вопросам, неполноты или поверхностности исследования, противоречивости, излишнего отклонения от темы и других недостатков руководитель предлагает выпускнику устранить их, рекомендует пути и сроки их устранения.

*Руководитель ВКР помогает выпускнику на всех этапах его работы, но эта помощь не должна выливаться в соавторство. Отношения руководителя со обучающимся строятся на основе сотрудничества.*

## 1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### *1.2.1 Основные этапы выполнения выпускной квалификационной работы*

Соблюдение установленных сроков и последовательности выполнения выпускной квалификационной работы направлено на оптимизацию процесса достижения поставленных целей.

Рекомендуется следующая последовательность этапов выполнения выпускной квалификационной работы:

выбор темы работы, её утверждение;

подбор литературы, нормативной документации и ознакомление с ними;

сбор и обобщение аналитических материалов, анализ;

написание работы и представление её руководителю, доработка по замечаниям руководителя;

написание введения и заключения, подготовка списка использованных источников, приложений, представление работы руководителю ВКР;

прохождение нормоконтроля, исправление замечаний по оформлению работы;

проверка в системе «Антиплагиат. ВУЗ»*;*

размещение работы в портфолио;

подготовка к защите выпускной квалификационной работы: подготовка презентационных материалов, оформление документов на выпускную квалификационную работу.

### *1.2.2 Подготовка к защите выпускной квалификационной работы*

Законченная ВКР, подписанная обучающимся, передается руководителю ВКР для проверки соответствия оформления работы предъявляемым требованиям и составления письменного отзыва руководителя. В отзыве руководителя указываются сведения об актуальности темы работы, достоинства и недостатки работы, оценка подготовленности обучающегося, инициативности и самостоятельности при решении задач выпускной квалификационной работы, умение обучающегося работать с литературными и нормативными источниками, способность ясно и четко излагать материал, соблюдение правил и качества оформления работы. Особое внимание уделяется оценке выпускника по личностным характеристикам (ответственность, дисциплинированность, самостоятельность, активность, творчество, инициативность и т.д.), проявленным способностям к исследовательской деятельности, достигнутым результатам в формировании компетенций выпускника данной программы, мотивируется возможность или невозможность представления выпускной квалификационной работы на защиту в государственной экзаменационной комиссии.

Решение руководителя ВКР является основанием для допуска ВКР к защите. Допуск работы к защите производится заведующим выпускающей кафедры.

Текст ВКР должен быть проверен на объем заимствований в системе «Антиплагиат. ВУЗ», отчет печатается. ВКР размещается в портфолио. Размещение ВКР – не позднее, чем за 3 дня до защиты.

Перед защитой обучающимся представляются в ГЭК следующие документы:

1) ВКР, подписанная на титульном листе выпускником, руководителем ВКР, консультантами (если есть);

2) задание на выполнение работы с отметками сроков окончательной подготовки работы, подписанное руководителем ВКР и заключением кафедры о допуске к защите;

3) отзыв руководителя ВКР;

4) отзыв рецензента (при наличии);

5) отчет о проверке в системе «Антиплагиат. ВУЗ».

Готовясь к защите работы, обучающийся составляет тезисы выступления, содержащего наиболее важные и интересные результаты исследования. При этом следует помнить о том, что выпускнику для доклада отводится ограниченное время; оформляет наглядные пособия, раздаточный материал к докладу, продумывает ответы на замечания рецензента (при наличии).

Доклад на защите выпускной квалификационной работы, как правило, не должен превышать 7-10 мин. Следует помнить, что обучающийся не просто излагает, а защищает положения своей работы.

### *1.2.3 Защита выпускной квалификационной работы*

Защита выпускной квалификационной работы проводится на открытом заседании ГЭК.

Порядок защиты:

- председатель ГЭК объявляет фамилию, имя и отечество выпускника, название работы с указанием места ее выполнения;

- доклад продолжительностью, как правило, не более 7-10 минут, в течении которых он должен кратко сформулировать актуальность, цель и задачи работы, изложить основные результаты, выводы и рекомендации, конкретные предложения, обосновать возможность их реализации, эффективность. При этом необходимо уточнить личный вклад в разработку проблемы.

Обучающийся может пользоваться заранее подготовленным тезисами доклада, но должен излагать основное содержание своей выпускной квалификационной работы свободно, не читая письменного текста. При чтении утрачивается эмоциональность изложения, монотонное чтение текста не привлекает внимания и утомляет слушателей. Свободный рассказ по теме свидетельствует об уровне подготовки и глубине специальных знаний по проблеме выпускной квалификационной работы. Все это существенно влияет на итоговую оценку работы.

Все принципиальные положения выпускной квалификационной работы для большей наглядности могут быть представлены на демонстрационном материале. К демонстрационным материалам относится информация из выпускной квалификационной работы (таблицы, диаграммы, схемы, иллюстрации и пр.), оформленная в виде презентаций или ксерокопий для каждого члена ГЭК. Во время доклада необходимо ссылаться на эти материалы;

- после окончания доклада члены ГЭК и присутствующие на защите предлагают выпускнику вопросы, касающиеся устного выступления, имеющие непосредственное отношение к теме работы, или же просто в связи с обсуждаемой проблемой;

- зачитывается внешняя рецензия на выпускную квалификационную работу (при наличии);

-выступление руководителя выпускной квалификационной работы, а в случае его отсутствия секретарь ГЭК зачитывает отзыв руководителя;

- председатель ГЭК предоставляет желающим слово для выступления, затем выпускнику, которое предполагает ответы на замечания рецензента и всех, выступивших при обсуждении работы, после чего объявляет об окончании защиты.

После окончания открытой защиты проводится закрытое заседание ГЭК (возможно с участием руководителей), на котором определяются итоговые оценки по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). После закрытого обсуждения председатель объявляет решение ГЭК. Протокол заседания ГЭК ведется секретарем. В него вносятся все заданные вопросы, особые мнения, решение комиссии об оценке.

## II КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Оценка выпускной квалификационной работы производится по пяти группам критериев:

*Система оценивания по оценочным средствам государственной итоговой аттестации*

| Оценочное средство | Балловая стоимость | Критерии начисления баллов |
|---|---|---|
| Выпускная квалификационная работа | 2-5 баллов | Качество и уровень выполненной работы, степень самостоятельности исполнения, правильность оформления, достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Оценивается по пояснительной записке и графической части. |
| Отзыв руководителя ВКР | 2-5 баллов | Оценивается по отзыву руководителя. |
| Отзыв рецензента ВКР | 2-5 баллов | Оценивается по отзыву рецензента. |
| Качество доклада | 2-5 баллов | Качество устного доклада: логичность, точность формулировок;<br>презентационные навыки: последовательность изложения материала, соблюдение временных требований, контакт с аудиторией, язык изложения; |
| Ответы на вопросы (проверка общекультурных и общепрофессиональных компетенций) | 2-5 баллов | Качество ответов на вопросы членов ГЭК: глубина, правильность и полнота ответов, аргументированность, убежденность, общая эрудиция;<br>качество ответов на замечания рецензента: логичность, глубина, правильность и полнота ответов. |
| Итого средняя оценка | 2-5 баллов | |

*Правила оценивания результатов защиты ВКР*

Оценка ***«отлично»*** ставится, если ВКР выполнена самостоятельно имеет творческий характер, обладает элементами новизны, выполнена в полном соответствии с требованиями. Собран, обобщен и проанализирован достаточный объем теоретических и нормативных правовых источников, специальной литературы. Собран, обобщен и проанализирован достаточный объем статистической информации. При написании и защите работы выпускником продемонстрирован высокий уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, глубокие теоретические знания и наличие практических навыков. ВКР хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению ВКР. Тема полностью раскрыта. На защите освещены все вопросы, ответы на вопросы профессионально грамотны. Доклад сопровождается презентацией. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка ***от 4,5 баллов включительно до 5 баллов.***

Оценка **«*хорошо*»** ставится, если тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не оригинальны, есть неточности при освещении отдельных вопросов темы; собран, обобщен и проанализирован необходимый объем нормативных правовых актов, специальной литературы по направлению подготовки. При написании и защите работы продемонстрирован средний уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. ВКР своевременно представлена на кафедру. Доклад сопровождается презентацией. Были неполные ответы на вопросы. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка ***от 3,5 баллов включительно до 4,5 баллов.***

Оценка **«*удовлетворительно*»** ставится, если тема работы раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов. При написании

и защите работы выпускником продемонстрирован удовлетворительный уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. ВКР своевременно представлена на кафедру. Доклад сопровождается презентацией. В процессе защиты выпускник недостаточно полно изложил основные положения работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка ***от 2,5 баллов включительно до 3,5 баллов.***

Оценка ***«неудовлетворительно»*** выставляется, если содержание работы не раскрывает тему, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования; при написании и защите работы выпускником продемонстрирован неудовлетворительный уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. Работа своевременно представлена на кафедру. На защите выпускник показал поверхностные знания по исследуемой теме, ответы на вопросы неудовлетворительные. Средняя оценка ***ниже 2,5 баллов.***

## III ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Оценочными средствами результатов обучения на этапе государственной итоговой аттестации являются выпускная квалификационная работа и ее защита по установленной процедуре (доклад, презентация, ответы на вопросы государственной экзаменационной комиссии), позволяющей сделать вывод о сформированности компетенций.

### 3.1 *Примерная тематика выпускных квалификационных работ*

1. Реконструкция шахты «Центральная» ООО «Березовский рудник».
2. Строительство (автомобильного, железнодорожного) тоннеля (коллектора) в условиях … ».
3. Строительство подземной автостоянки в …
4. Строительство станции метрополитена в …

### 3.2 *Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность универсальных компетенций:*

1. Каковы главные особенности научного знания в отличие от религиозных представлений о мире?
2. Что, по вашему мнению, является важнейшим фактором развития общества в современном мире?
3. В каких формах осуществляется влияние научного знания на развитие экономики, культуры, духовной жизни и общества в целом?
5. Каково значение коммуникативных навыков для успешной деятельности производственного коллектива?
6. В чем вы видите основные причины необходимости овладения навыками общения на иностранном языке для успешного решения профессиональных задач в современных условиях?
7. В чем проявляется толерантность в восприятии социальных, этнических, конфессиональных и культурных различий?
8. Чем обусловлена необходимость овладения правовой культурой для достижения высоких экономических результатов в современных условиях?
9. Какая формулировка образовательных потребностей специалиста в современных условиях является более актуальной: «образование для всей жизни» или «образование в течение всей жизни»?
10. В чем состоит профессиональная самореализация работника?
11. В чем вы видите значение здорового образа жизни, овладения методами и средствами физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности?

12. Чем обусловлена в настоящее время необходимость овладения приемами первой помощи, методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций?

13. Каков порядок действий мастера смены при обнаружении пожара?

14. Каков порядок действий мастера смены в чрезвычайной ситуации (стихийное бедствие)?

15. Определение понятия «качество продукции горно-добывающего производства».

16. Какие меры может предпринять главный инженер предприятия для повышения экономической эффективности предприятия в целом?

17. Что представляют собой кондиции на полезное ископаемое и для чего они необходимы?

18. Объясните, как Вы понимаете термин «техногенное сырьё». Каковы перспективы развития обогащения этого вида сырья?

19. Как проявляется негативное влияние разубоживания на результаты деятельности горно-металлургической компании и на интересы государства?

20. Какова, на Ваш взгляд, роль высшего технического образования для подготовки кадров в области добычи полезных ископаемых?

3.3 *Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общепрофессиональных компетенций:*

1. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе специалиста на производстве?

2. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе специалиста в научно-исследовательском секторе?

3. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе специалиста в проектной организации?

4. Перечислите основные требования информационной безопасности, применяемые на современных предприятиях.

5. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для специалиста на производстве?

6. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для специалиста в научно- исследовательском секторе?

7. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для специалиста в проектной организации?

8. Каковы основные права и обязанности горного мастера смены?

9. Каковы основные права и обязанности заведующего научно-исследовательской лабораторией?

10. Каковы основные права и обязанности главного инженера предприятия?

11. Перечислите основные направления рационального и комплексного освоения недр при добыче и переработке твёрдых полезных ископаемых.

12. Как Вы понимаете термин «ресурсосбережение»? Как это учтено в Вашей ВКР?

13. Назовите основные производственные процессы при строительстве шахт и подземных сооружений

14. Основные организационные мероприятия безопасного проведения взрывных работ

15. Какие цели достигаются при применении подземного дробильного комплекса?

16. Принципы и способы управления качеством руды в руднике.

17. Зачем необходимо повышать уровень своей профессиональной компетентности?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Форма заявления на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Зав. кафедрой _____
_____
обучающегося группы _____
_____

**Заявление**
**на утверждение темы выпускной квалификационной работы**

Прошу утвердить тему выпускной квалификационной работы (из числа предложенных университетом):
_____
_____

Прошу утвердить самостоятельно определенную тему выпускной квалификационной работы
_____
_____

Место прохождения производственной (преддипломной) практики:
_____
_____

Руководитель ВКР_____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность)

Дата _____ Подпись обучающегося _____

Решение зав. кафедрой

«УТВЕРЖДАЮ»

_____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Форма оформления титульного листа выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**
**(БАКАЛАВРИАТ/СПЕЦИАЛИТЕТ /МАГИСТРАТУРА)**

**ТЕМА:_____**
**_____**

Факультет:_____

Направление/Специальность:
_____

Профиль/специализация:
_____

Квалификация:
_____

Кафедра:_____

*Обучающийся:* _____(*подпись*)
Фамилия И.О.
Группа:

*Руководитель:*_____(*подпись*)
Фамилия И.О.

*Консультант:* _____(*подпись*)
Фамилия И.О.

_____
(подпись)
Допустить к защите:
Зав. кафедрой _____
(Фамилия И.О., ученая степень, ученое звание)

Екатеринбург
2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример оформления задания на выполнение выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра_____**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой_____
_____
«___»_____20__ г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**
для присвоения квалификации _____ по направлению подготовки/
специальности _____ направленности (профилю)
/специализации _____

Обучающемуся_____
(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема выпускной квалификационной работы_____
_____
_____

Руководитель работы_____
(фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание)

Консультанты по разделам:

| Фамилия И.О. консультанта | Должность, ученая степень, ученое звание | Разделы работы |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Дата выдачи задания «___» _____ 20____г.

Срок сдачи обучающимся законченной выпускной квалификационной работы «___» _____ 20__г.

**Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работы:**

**Особые условия разработки месторождения:**

**Содержание расчетно-пояснительной записки:**

**Демонстрационный материал:**

Руководитель ВКР _____
(подпись)

Обучающийся _____
(подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примерная форма отзыва руководителя выпускной квалификационной работы

**ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

*Выпускная квалификационная работа выполнена*

Обучающимся *Фамилия Имя Отчество*
Специальность 21.05.04 Горное дело
Направленность (профиль) Технологическая безопасность и горноспасательное дело
Кафедра Безопасности горного производства
Группа ГСД-21
Руководитель ВКР Доцент, к.т.н. *Фамилия Имя Отчество*

Общая характеристика работы студента в период выполнения ВКР: _____
_____
_____
_____

Актуальность темы _____
_____
_____

Степень достижения целей ВКР _____
_____
_____

Общая характеристика теоретической части (глубина разработки проблемы, логика изложения и проч.) _____
_____
_____

Общая характеристика практической части работы (наличие элементов практической новизны, наличие и значимость практических предложений и рекомендаций) _____
_____
_____

Степень владения профессиональными знаниями, умениями и навыками _____
_____
_____

Замечания к ВКР _____
_____
_____

Заключение: _____

Руководитель: _____ «___» _____ 20____ г.
подпись

Обучающийся: _____ «___» _____ 20____ г.
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Примерная форма отзыва рецензента о выпускной квалификационной работе

**ОТЗЫВ**
**РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

| | |
|---|---|
| *Фамилия И.О. выпускника* | *Фамилия Имя Отчество* |
| Специальность | 21.05.04 Горное дело |
| Направленность (профиль) | Технологическая безопасность и горноспасательное дело |
| Тема рецензируемой работы | *ТЕМА РАБОТЫ* |
| Рецензент место работы, должность (при наличии) | *Фамилия Имя Отчество*, ООО «Березовское РУ», гл. инженер |

Заключение о степени соответствия выпускной квалификационной работы заданию_____

Оценка теоретической части ВКР (теоретическая значимость исследования, анализ использованных источников) _____
_____

Оценка аналитической части ВКР (анализ представленных методик исследования)
_____
_____

Оценка проектной части ВКР (практическая значимость исследования)
_____
_____

Логичность, четкость, грамотность изложения материала_____
_____

Оценка сформированности компетенций, предусмотренных федеральным государственным образовательным стандартом:

ВКР демонстрирует (высокий, средний, низкий) уровень сформированности универсальных компетенций и (высокий, средний, низкий) уровень сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Замечания и рекомендации (к публикации, внедрению, представлению на конкурс) по ВКР_____
_____

Общая оценка ВКР_____

Рецензент: _____ Фамилия И.О.
(подпись)
«_____» _____ 20____г.

Обучающийся: _____ Фамилия И.О.
(подпись)
«_____» _____ 20____г.

М.П

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

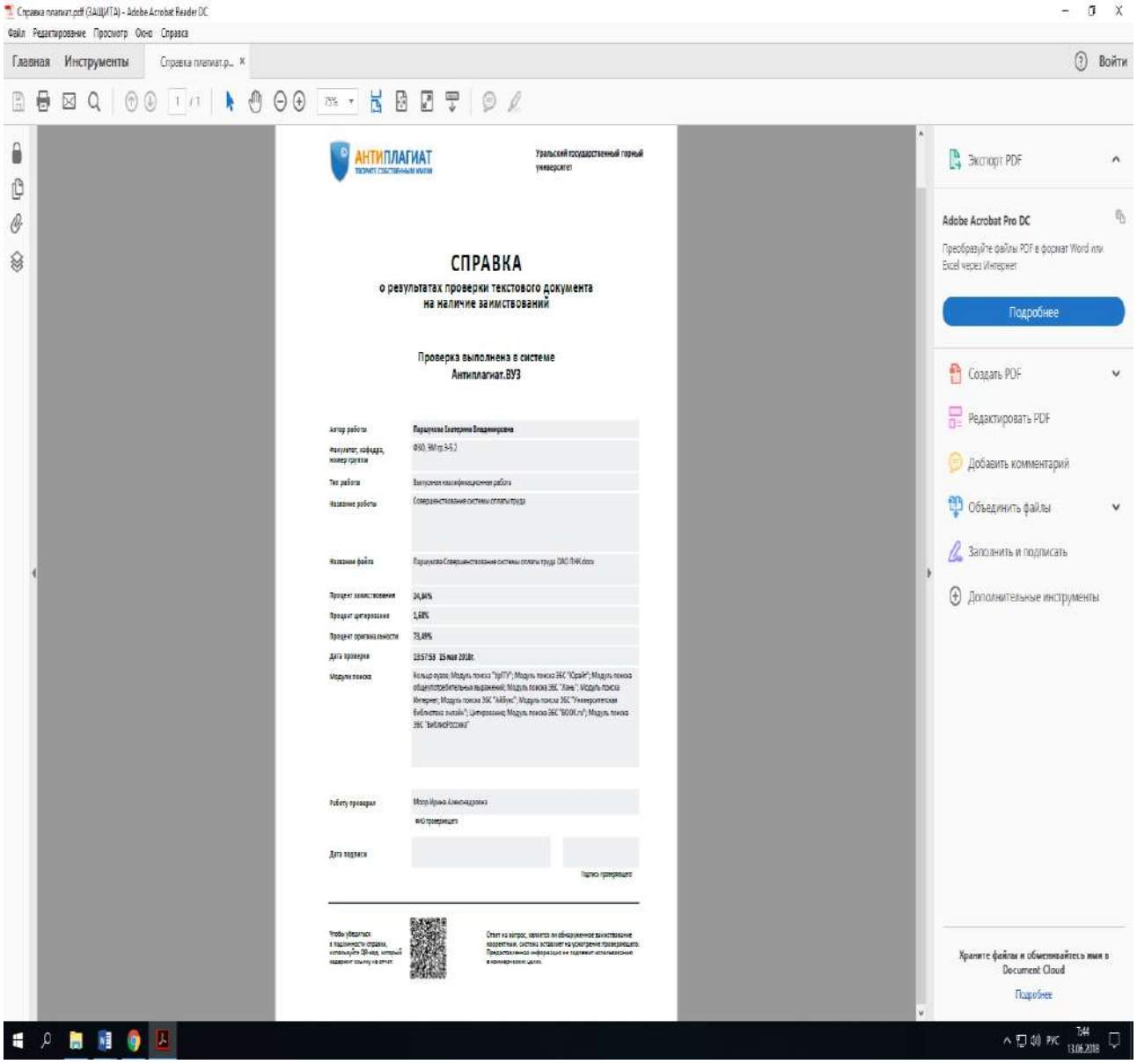
Пример оформления документа, подтверждающего использование результатов выпускной квалификационной работы

**СПРАВКА**
**об использовании результатов выпускной квалификационной работы**
**на тему: «_____»**

Выводы и предложения, представленные в работе Смирнова С.С. нашли применение в практической деятельности шахты «Центральная» ООО «Березовский рудник», в частности, при углубке скипового ствола.

Рекомендации автора по совершенствованию системы разработки взяты за основу при разработке перспективных планов развития горных работ в ООО «Березовский рудник».

Гл. инженер ООО «Березовский рудник» _____ И.О. Фамилия
(подпись)



АНТИПЛАГИАТ

Уральский государственный горный университет

# СПРАВКА

## о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

**Проверка выполнена в системе Антиплагиат.ВУЗ**

| | |
|---|---|
| Автор работы | Паршукова Екатерина Владимировна |
| Факультет, кафедра, номер группы | ФЭО, ЭМ гр. Б-ЭЭ-2 |
| Тип работы | Выпускная квалификационная работа |
| Название работы | Совершенствование системы оплаты труда |
| Название файла | Паршукова-Совершенствование системы оплаты труда ОАО ПНК.docx |
| Процент заимствования | 24,84% |
| Процент цитирования | 1,68% |
| Процент оригинальности | 73,48% |
| Дата проверки | 12:57:58 15 мая 2018г. |
| Модули поиска | Кольцо вузов; Модуль поиска "УрГГУ"; Модуль поиска ЭБС "Юрайт"; Модуль поиска общепотребительных выражений; Модуль поиска ЭБС "Лань"; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска ЭБС "Айбукс"; Модуль поиска ЭБС "Университетская библиотека онлайн"; Цитирование; Модуль поиска ЭБС "ibook.ru"; Модуль поиска ЭБС "БиблиоРоссика" |
| Работу проверил | Мосур Ирина Александровна |
| ФИО проверяющего | |
| Дата подписи | |
| | Подпись проверяющего |

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Пример структуры и оформления содержания выпускной квалификационной работы

СОДЕРЖАНИЕ


| | |
|---|---|
| Введение | 3 |
| 1 ……. | 6 |
| 1.1 …… | 6 |
| 1.2 ……. | .. |
| 1.3 …… | .. |
| 2 …… | |
| 2.1 …… | |
| 2.2 ….. | |
| Заключение | |
| Список использованных источников | |
| Приложения | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Примеры библиографических описаний, применяемых при оформлении списка использованных источников

1. Об основополагающих принципах и правах в сфере труда и механизм её реализации [Текст]: Декларация МОТ от 18.06.1998 // МБТ.1998.

2. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

3. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (в ред. от 05.10.2015) – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

4. О безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

5. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов власти субъектов Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 06.10.1999 г. № 184-ФЗ // Собрание законодательства РФ. - 1999. - № 43.

6. О концепции национальной безопасности Российской Федерации [Текст]: Указ Президента Российской Федерации от 10 января 2000 г. № 24 // Собрание законодательства РФ. - 2000. - № 2.- Ст.170.

7. О порядке разработки и утверждения административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 11.11.2005 г. № 679. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

8. Булаевский, Б.А. Правовое положение несовершеннолетних по российскому гражданскому законодательству [Текст]: Автореф. дисс. … к.ю.н. М., 1998.

9. Гаврилов, Э. О наименовании юридического лица [Текст] / Э.О. Гаврилов // Хозяйство и право. - 2011. - № 12. - С. 3 – 11.

10. Мачульская, Е.Е. Право социального обеспечения [Текст]: учебник для бакалавров / Е.Е. Мачульская. – М.: Изд-во Юрайт, 2012. – 575 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социемы: журнал Уральского гос. ун-та. – 2002. - № 8. – Режим доступа: http://2www/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Цивилистические записки: [Текст]: Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 2. – М.: «Статут» - Екатеринбург: Институт частного права, 2002. – 511 с.

13. Юридический советник [Электронный ресурс]. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): зв., цв.; 12 см. – Прил.: Справочник пользователя [Текст]/ сост. В.А. Быков. – 32 с.

14. Временные методические рекомендации по вопросам реструктуризации бюджетной сферы и повышения эффективности расходов региональных и местных бюджетов (Краткая концепция реструктуризации государственного и муниципального сектора и повышения эффективности бюджетных расходов на региональном и местном уровнях) [Текст]. - М.: ИЭПП, 2006. - 67 с.

15. Свердловская область в 1992-1996 годах [Текст]: Стат. сб./ Свердл. обл. комитет гос. статистики Госкомстата РФ. – Екатеринбург, 1997. – 115 с.

16. Социальное положение и уровень жизни населения России в 2010 г. [Текст]: Стат. сб. / Росстат. – М., 2011. – 320 с.

17. Социально-экономическое положение федеральных округов в 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.gks. Ru.

18. An Interview with Douglass C. North [Text] // The Newsletter of The Cliometric Society. - 1993. - Vol. 8. - N 3. - P. 23–28.

19. Burkhead, J. The Budget and Democratic Government [Text] / Lyden F.J., Miller E.G. (Eds.) / Planning, Programming, Budgeting. Markham: Chicago, 1972. 218 p.

20. Miller, D. Strategy Making and Structure: Analysis and Implications for Performance [Text] // Academy of Management Journal. - 1987. - Vol. 30. - N 1. - P. 45–51.

21. Министерство финансов Российской Федерации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.minfin.ru.

22. Российская книжная палата: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.bookchamber.ru.

23. Инструкция по делопроизводству в ООО «СК-групп» [Текст]. - Екатеринбург, 2012. – 26 с.

24. Бухгалтерский отчет ЗАО «ФНК» за 2012 год [Текст]. - Екатеринбург, 2013. – 14 с.

25. Правила внутреннего трудового распорядка АО «Маяк» [Текст]. - Екатеринбург, 2010. – 22 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы и задания на практические работы для обучающихся по дисциплине

# Б1.В.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 06.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Иванов И.Ю., к.т.н.,
Гаврилова Л.А., к.т.н., доцент

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 4

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ..... 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ..... 6

3. Виды контроля ..... 7

ЛИТЕРАТУРА ..... 8

# ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании горных машин и оборудования решаются задачи по определению их технологических параметров. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета для выбора объектов горных комплексов для соответствующих условий разработки МПИ.

**Цель практических занятий: закрепление** приобретенных студентами навыков выбора машин и оборудования в горнодобывающей отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки ***21.05.04 Горное дело***:

*общепрофессиональные*

- Способен демонстрировать знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи (ПК-1.1);

**Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»**

*Знать:*

- основные тенденции развития горных машин и оборудования;
- основные принципы конструкции и работы механизмов и систем горных машин и оборудования;
- правила эксплуатации машин и оборудования для горных работ
- конструктивные особенности различных видов горного оборудования;
- классификации различных горных машин и оборудования;
- системы автоматизации горных машин и оборудования;
- методики программного и дистанционного управления.

*Уметь:*

- обоснованно делать выбор машин и оборудования для заданных горно-геологических условий и объемов горных работ;
- самостоятельно осваивать новые конструкции горных машин, их механизмов и систем;
- проводить расчеты основных параметров горного оборудования,
- определять производительность оборудования;
- осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ.

*Владеть:*

- навыками проведения расчетов рабочих нагрузок;
- методами определения основных параметров и производительности горных машин и оборудования с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных;
- спецификой условий работы горного оборудования;
- основными направлениями автоматизации горных машин и оборудования;
- навыками использования специализированных информационных источников и литературы.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

## 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Тема 3: Элементы конструкции горных машин**

Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.
Органы перемещения.
Органы погрузки.

**Тема 4: Машины для бурения.**

Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.
Бурильные установки.
Буровые станки для подземного бурения.
Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

**Тема 5: Машины для зарядки**.

Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

**Тема 6: Погрузочно-транспортные машины**.

Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

**Тема 7: Машины для крепления выработок**.

Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

**Тема 8: Горные комбайны и комплексы**.

Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

**Тема 9: Выемочно-транспортирующие машины**.
Выемочно-транспортирующие машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

*Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:*

| № п/п | **Тема** | **Содержание ответа** |
|---|---|---|
| 1 | Рабочие органы и инструмент горных машин | Описать: основные виды инструментов<br>Проанализировать чертежи с конструкциями различных буровых станков, выявлять достоинства и недостатки каждой установки |
| 2 | Гидравлические крепи | Описать: основные виды применяемых на подземных горных работах<br>Проанализировать по чертежам конструкции различных крепей<br>Подобрать тип крепи для конкретных горно-геологических условий |
| 3 | Очистные комбайна | Описать: основные виды очистных комбайнов применяемых на открытых горных работах<br>Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных комбайнов<br>Подобрать тип очистных комбайнов для конкретных горно-геологических условий |
| 4 | Проходческие комбайны | Описать: основные виды комбайнов применяемых на подземных горных работах<br>Проанализировать по чертежам конструкции различных комбайнов<br>Подобрать тип комбайна для конкретных горно-геологических условий |
| 5 | Транспортирующее и погрузочное оборудование | Описать: схему расположения силового оборудования в корпусах буровых станков и погрузчиков<br>Определить механические характеристики различных типов двигателей<br>Сделать выбор силового оборудования для различных типов буровых станков и погрузчиков |
| 6 | Очистные и проходческие комплексы | Описать: основные виды очистных и проходческих комплексов применяемых на подземных горных работах<br>Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных и проходческих комплексов<br>Подобрать тип очистных и проходческих комплексов для конкретных горно-геологических условий |

*Примеры заданий:*

*1. Определение максимально возможной производительности комбайна*
*2. Расчет главного параметра качества ремонта.*
*3. Расчёт производительности оборудования для подземных разработок.*

## 3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

*Вопросы для опроса*:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.
5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

*Критерии оценивания:* полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

*Критерии оценки:*

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использовать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

ЛИТЕРАТУРА


1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых**: учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - **ISBN** 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060

Министерство образования Российской Федерации

Уральская государственная горно-геологическая академия

Т. П. Бебенина, С. И. Часс, Н. В. Савинова

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ

Екатеринбург

2004

Министерство образования Российской Федерации
Уральская государственная горно-геологическая академия

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического факультета

"__3_" ноября_____2003г.

Председатель комиссии, проф.

_____Н.Б. Ситников

Т. П. Бебенина, С. И. Часс, Н. В. Савинова

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ

Издание УГГГА Екатеринбург, 2004

**Лабораторный практикум по гидродинамике./**Т.П. Бебенина, С.И. Часс, Н.В. Савинова; Уральская госуд. горно-геол. академия. Каф. технической механики. - Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2004. - 69с.

Методическое пособие составлено в соответствии с программами курса «Гидромеханика» и «Гидравлика».

Лабораторный практикум по гидродинамике содержит теоретические основы гидравлического экспериментирования, методы и технику выполнения лабораторных работ, материалы для обработки экспериментальных данных и оценки точности эксперимента. Практикум включает основные лабораторные работы по разделу «Гидродинамика» и предназначен в качестве учебного пособия для студентов всех специальностей, изучающих гидравлические дисциплины.

Методическая разработка рассмотрена на заседании кафедры технической механики 04.07.2003 года (протокол № 45) и рекомендована для издания.

Р е ц е н з е н т – Л.И. Пастухова, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики УГТУ (УПИ).

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2004

## Содержание

1. ***Лабораторная работа №1***. Экспериментальное изучение уравнения Д.Бернулли. . . . . 4

2. ***Лабораторная работа №2.*** Изучение режимов движения жидкости . . . . . 20

3. ***Лабораторная работа №3.*** Определение потерь напора по длине и коэффициента гидравлического трения. . . . . 28

4. ***Лабораторная работа №4***. Определение местных потерь напора и коэффициентов местных сопротивлений. . . . . 41

5. ***Лабораторная работа №5***. Истечение жидкости через отверстие и насадки. . . . . 51

6. ***Лабораторная работа №6***. Определение эквивалентной шероховатости. . . . . 63

Список использованной литературы. . . . . 69

## *Лабораторная работа № 1*

# Экспериментальное изучение уравнения Бернулли

Уравнение Бернулли – одно из основных уравнений прикладной гидродинамики. С его помощью решается широкий круг инженерных задач. Принцип действия многих приборов для измерения скорости и расхода потока жидкости основан на использовании уравнения Бернулли.

В гидравлике уравнение Бернулли используется трёх видов:

- для элементарной струйки идеальной жидкости,
- для элементарной струйки вязкой жидкости,
- для потока реальной (вязкой) жидкости.

Вывод каждого последующего уравнения базируется на предыдущем. В то же время каждое уравнение имеет самостоятельное значение и свой круг задач, решаемых с его помощью.

### 1.1.Теоретические положения

Уравнение Бернулли - уравнение движения жидкости, устанавливающее связь между давлением, скоростью и положением сечения потока или, иначе, между удельной кинетической и удельной потенциальной энергией:

- для элементарной струйки идеальной жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g}; \qquad (1.1)$$

- для элементарной струйки вязкой жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h'_{w_{1-2}}; \qquad (1.2)$$



- для потока реальной (вязкой) жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}}. \qquad (1.3)$$

Индексы **1** и **2** соответствуют номерам сечений потока, расположенных по ходу движения жидкости.

В уравнениях приняты обозначения:

**z** – расстояние по вертикали от плоскости сравнения до центра живого сечения, м;

**p** – абсолютное давление в центре сечения, Па;

**ρ** - плотность жидкости, кг/м$^3$;

**g** - ускорение свободного падения, м/с$^2$;

**u** - действительная скорость в ***сечении струйки*** или в ***точке сечения*** потока, м/с;

**v** - средняя скорость в сечении потока, м/с;

**α** - коэффициент Кориолиса;

$\mathbf{h'_w}$, $\mathbf{h_w}$ – потери энергии (напора) при движении единицы веса жидкости между двумя сечениями струйки и потока.

### 1.1.1. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли

Все слагаемые уравнения Бернулли выражают энергетические характеристики жидкости, а именно ***удельные*** ( т.е. соответствующие ***единице веса*** жидкости) энергии:

**z** – ***удельная потенциальная энергия положения***;

$\frac{p}{\rho g}$ - ***удельная потенциальная энергия давления;***

$\frac{u^2}{2g}, \frac{\alpha v^2}{2g}$ - ***удельная кинетическая энергия*** движущейся жидкости;

$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ - ***удельная механическая (полная) энергия***.

Для ***идеальной*** жидкости удельная механическая энергия остается постоянной во всех сечениях одной и той же элементарной струйки, взятых по ее длине, т.е. уравнение Бернулли (1.1) выражает ***закон сохранения энергии.***

Движение ***вязкой*** жидкости вызывает обязательное появление касательных напряжений в соответствии с законом вязкого трения. Работа касательных напряжений приводит к переходу части механической энергии в тепло, которое рассеивается по всему объему жидкости и теряется безвозвратно. Поэтому в уравнение Бернулли (1.2) вводится дополнительный член $h'_{w1-2}$, учитывающий затраты энергии при движении между двумя сечениями струйки.

Поток жидкости конечных размеров теоретически представляется в виде совокупности бесчисленного множества элементарных струек. И, переходя от струйки к целому потоку жидкости, энергию струек, входящих в сечение потока, складывают. При этом удельная потенциальная энергия для потока жидкости с ***установившимся равномерным*** движением выражается так же, как и для струйки, вследствие справедливости для данного вида движения гидростатического закона распределения давления: для всех точек одного и того же сечения $z + p/(\rho g) = const$.

При определении кинетической энергии в сечении потока необходимо учитывать закон распределения скорости по живому сечению, который весьма сложен и зависит от режима течения. Поэтому для практических расчетов при решении ***одномерных*** задач вводят понятие средней скорости, по которой и определяют удельную кинетическую энергию в сечении потока. ***Средняя скорость*** – это скорость, постоянная во всех точках сечения, при которой расход остается таким же, как при действительном распределении скоростей в точках сечения:

$$v = Q/\omega, \qquad (1.4)$$

где $Q$ – расход жидкости;

$\omega$ – площадь живого сечения потока.



При определении кинетической энергии по средней скорости появляется ошибка, которую устраняют введением коэффициента $\alpha$, называемым коэффициентом Кориолиса (коэффициентом корреляции кинетической энергии) и учитывающим неравномерность распределений действительной скорости. Тогда удельная кинетическая энергия для потока имеет вид: $\alpha v^2/2g$

Уравнение Бернулли для ***потока*** вязкой жидкости – это уравнение ***баланса удельной энергии*** при движении жидкости между двумя сечениями, записанное на основе закона сохранения энергии, где затраты удельной механической энергии, вызванные вязким трением, учтены слагаемым $h_{w_{1-2}}$.

### 1.1.2. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли

Все слагаемые, входящие в уравнение Бернулли, имеют размерность длины и характеризуют следующие высоты (или напоры):

- $z$ - ***геометрическая высота (геометрический напор)*** - высота положения центра сечения, которая отсчитывается по вертикали от выбранной горизонтальной ***плоскости сравнения***;
- $\frac{p}{\rho g}$ - ***пьезометрическая высота (пьезометрический напор)***, определяется с помощью пьезометра, установленного в рассматриваемом сечении потока;
- $\frac{\alpha v^2}{2g} = H_{ск}$ - ***скоростной напор*** (или высота скоростного напора).

Сумма геометрического и пьезометрического напоров называется ***гидростатическим напором***:

$$z + \frac{p}{\rho g} = H_{ст}. \qquad (1.5)$$

Гидростатический и скоростной напоры в сумме составляют ***полный напор:***

$$H = H_{ст} + H_{ск} = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}. \qquad (1.6)$$

Геометрическая интерпретация слагаемых уравнения обусловлена их экспериментальным определением, которое поясняется рис. 1.1. Отсчитывая для сечения геометрический **z** и пьезометрический **p/(ρg)** напоры по одной шкале с нулем, расположенным на плоскости сравнения 0-0, по уровню воды в пьезометре сразу получаем величину ***статического напора*** $H_{ст}$.

***Полный напор*** **H** в ***точке*** сечения, например, в его центре, может быть определен ***трубкой Пито***. Это стеклянная трубка, один конец (носик) которой загнут под углом 90° и установлен навстречу потоку (см. рис. 1.1). По уравнению Бернулли можно получить, что труб-

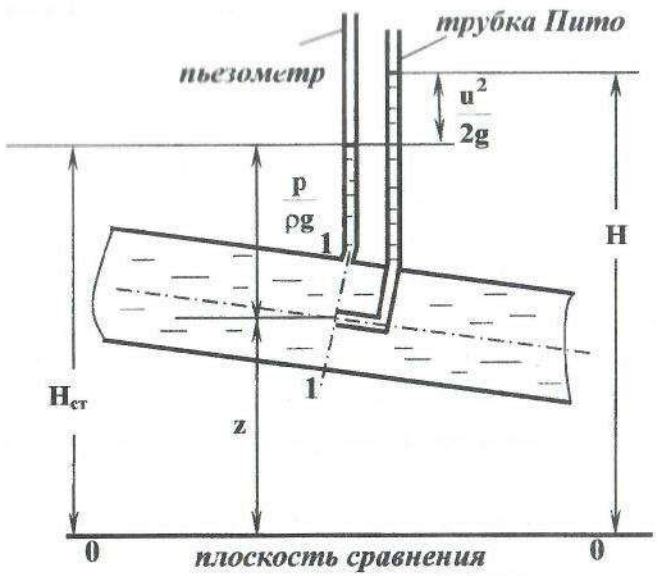



Рис.1.1. Экспериментальное определение статического, полного и скоростного напоров



ка Пито определяет величину полного напора **H**, а разность показаний трубки Пито и пьезометра соответствует величине скоростного напора в данной точке сечения

$$\frac{u^2}{2g} = H_{ск}. \qquad (1.7)$$

На этом основано определение действительной скорости **u** в ***точке*** потока, в которой располагается носик трубки Пито:

$$u = \sqrt{2gH_{ск}}. \qquad (1.8)$$

### 1.1.3.Диаграмма уравнения Бернулли, ее построение и анализ

При движении потока жидкости в трубе переменного сечения с изменением диаметра имеют место:

- перераспределения видов механической энергии (напоров);
- затраты энергии на преодоление гидравлических сопротивлений.

Это отражается с помощью диаграммы.

Графическое изображение напоров в сечениях, взятых по длине потока и связанных уравнением Бернулли, называют ***диаграммой уравнения.***

Построение диаграммы для трех сечений трубопровода рассмотрено на рис. 1.2.

На трубопроводе намечены сечения 1-1, 2-2, 3-3 с различными диаметрами $d_1$, $d_2$, $d_3$. В сечениях установлены пьезометры, по которым в каждом сечении определяется статический напор. На схеме трубопровода в принятом масштабе для каждого сечения от выбранной горизонтальной плоскости сравнения 0-0 откладывается величина статического напора $H_{ст}$, в которую входят геометрический **z** и пьезометрический **p/(ρg)** напоры.

Линия, соединяющая значения статических напоров в сечениях по длине потока, называется ***пьезометрической линией***. Эта линия наглядно показывает изменения давления в сечениях, вызванные измене-

ниями их размеров. При переходе от большего сечения 1-1 к меньшему 2-2 давление падает, к большему 3-3 - вновь возрастает, т.е., пьезометрическая линия для трубопровода переменного сечения по ходу движения жидкости может как опускаться, так и подниматься. Затем в каждом сечении рассчитывается средняя скорость **v** и скоростной напор $\alpha v^2/(2g)$. По условию неразрывности потока скоростной напор в сечении 2-2 больше скоростного напора в сечении 1-1, т.е. часть потенциальной энергии жидкости преобразуется в кинетическую. Это подтверждено на диаграмме (см. рис. 1.2) падением пьезометрической линии. И, наоборот, при переходе к большему сечению 3-3 скоростной напор уменьшается, давление возрастает. Пьезометрическая линия поднимается.

Складывая статический напор $\mathbf{H_{ст}}$ с рассчитанным скоростным напором $\alpha v^2/(2g)$, в каждом сечении определяют полный напор **H**.

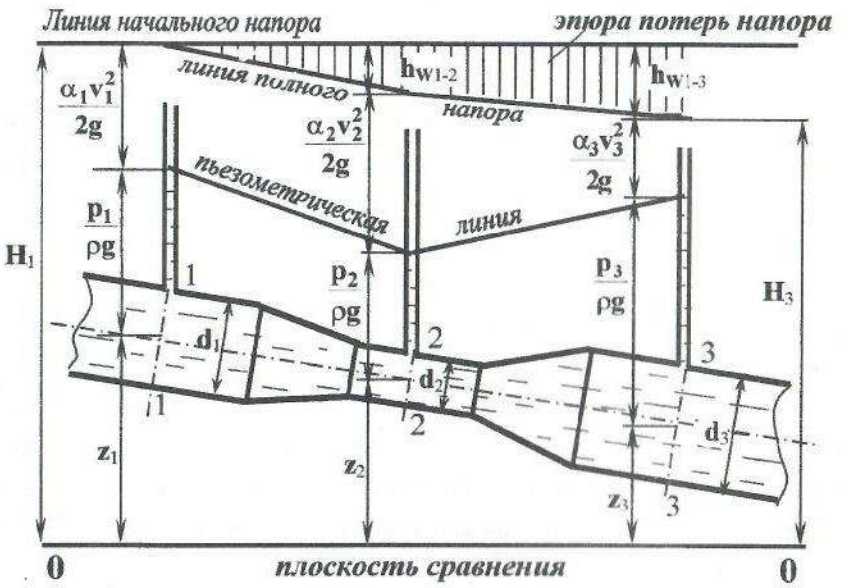



Рис.1.2. Диаграмма уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости



Линия, соединяющая на диаграмме значения полных напоров в сечениях по длине потока, называется ***линией полного напора или линией полной удельной энергии.*** Полный напор в сечениях потока непрерывно уменьшается на величину ***потерь напора*** (напора, затраченного на преодоление гидравлических сопротивлений), поэтому ***линия полного напора*** обязательно ***понижается*** по ходу движения жидкости.

Проведя горизонтальную линию на уровне полного напора в ***первом*** сечении (линию начального напора), получают на диаграмме область, называемую ***эпюрой потерь напора***, заштрихованную вертикальными штриховыми линиями. Их высота соответствует разностям полного напора в сечении 1-1 и в любом последующем сечении, и показывает потери напора в гидравлических сопротивлениях от начала движения до рассматриваемого сечения.

## 1.2. Выполнение лабораторной работы

### 1.2.1. Цель лабораторной работы

Основная цель - научиться определять параметры, входящие в уравнение Бернулли:

- на напорном трубопроводе переменного сечения проследить по приборам переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно (при изменении размера сечений) в соответствии с уравнением Бернулли;
- по опытным данным построить диаграмму уравнения Бернулли, а именно, пьезометрическую линию, линию полного напора и эпюру потерь напора;
- проанализировать построенную диаграмму;
- для указанных сечений определить скоростной напор с помощью трубки Пито и пьезометра, рассчитать максимальную скорость в сечении и сравнить ее со средней скоростью потока в данном сечении.

### 1.2.2. Описание лабораторной установки

Опытная установка (рис. 1.3, **б**) состоит из напорного бака, наклонно расположенной трубы переменного сечения и мерной емкости. В напорный бак для поддержания постоянного напора во время проведения опыта может подаваться вода с помощью подпиточной трубы из системы водоснабжения или с помощью насоса из зумпфа. Труба переменного сечения снабжена регулирующим вентилем и пробковым краном для обеспечения установившегося движения при проведении опыта.

Рабочий участок трубы расположен на стенде и выполнен из оргстекла. На стенде обозначена ***плоскость сравнения***, принятая за «0» шкалы, и выполнена градуировка по вертикали (цена деления – 1 см).

По длине рабочего участка трубы для выполнения лабораторной работы выбраны 19 характерных сечений, отражающих все изменения ее конфигурации и отвечающих целям работы. В каждом таком сечении выведены штуцеры для присоединения к пьезометрическим трубкам и для установки трубок Пито (в сечениях 1, 2, 4, 7, 11, 15, 19).

На участке трубы от 13 до 19 сечения имеются штуцеры для отбора жидкости по пути следования. Это – путевой расход $\mathbf{Q_{пут}}$. Для определения его величины предназначена мерная емкость – бак, который имеет градуировку с ценой деления 5000 см$^3$.На трубе за рабочим участком установлен расходомер – механический счетчик количества протекающей жидкости. Он предназначен для измерения объема транзитного расхода $\mathbf{Q_{тр}}$, т.е., расхода, который присутствует в трубе от начала до конца.

Кроме упомянутых приборов в работе используются секундомеры для определения времени заполнения фиксированного объема воды в мерном баке и при работе с расходомером.

Экспериментальные данные во время выполнения работы заносятся в бланк с таблицей и со схемой установки (см. рис. 1.3). Бланк по ходу обработки эксперимента заполняется расчетными данными и затем на нем с использованием схемы трубопровода строится диаграмма уравнения Бернулли.



### 1.2.3. Порядок выполнения работы

1. На установке с помощью подпиточной трубы, регулирующего вентиля и пробкового крана обеспечивается установившееся движение жидкости (вместо подпиточной трубы может быть использован насос).

2. Затем в ***каждом*** сечении снимаются ***показания пьезометров*** и заносятся в первую строку бланка отчета.

3. В сечениях, где установлены трубки Пито, определяется ***разность показаний трубки Пито и пьезометра***, что соответствует величине скоростного напора в точке установки трубки Пито, т.е. по оси потока. Данные заносятся в 7-ю строку бланка.

4. На установке работает бригада из нескольких человек. ***Одновременно*** со снятием показаний пьезометров проводится определение ***времени заполнения указанного объема воды*** в мерном баке и ***времени прохождения установленного объема*** по водомеру.

### 1.2.4. Обработка результатов эксперимента

1. Расход определяется объёмным методом:

$$\mathbf{Q_{пут} = W_{пут} / t_{пут}};\qquad \mathbf{Q_{тр} = W_{тр} / t_{тр}};\qquad (1.9)$$

$$\mathbf{Q = Q_{пут} + Q_{тр}},\qquad (1.10)$$

где $\mathbf{W_{пут}}$; $\mathbf{W_{тр}}$ – объём путевого расхода и объём транзитного расхода, см$^3$;

$\mathbf{t_{пут}}$; $\mathbf{t_{тр}}$ – соответствующее время, с.

По приведенным формулам определяется величина расхода в сечениях с **1** по **13**.

Определение расхода в последующих сечениях зависит от количества штуцеров, открытых во время опыта. Рассмотрим несколько примеров.

## а) ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Объем транзитного расхода $W_{тр}$= см$^3$; время прохождения транзитного расхода $t_{тр}$= с; транзитный расход $Q_{тр}$= см$^3$/с

Объем путевого расхода $W_{пут}$= см$^3$; время заполнения объема путевого расхода $t_{пут}$= с; путевой расход $Q_{пут}$= см$^3$/с

Общий расход воды $Q = Q_{тр} + Q_{пут}$= см$^3$/с, $Q_{19}$= см$^3$/с, $Q_{18}$= см$^3$/с, $Q_{17}$= см$^3$/с

| №№ пп | Наименование параметров | Номера сечений | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1. | Статический напор (удельная потенциальная энергия) $z + p/\rho g$, см | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | Площадь живого сечения $\omega$, см$^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Средняя скорость в сечении v, рассчитанная через расход $v = Q/\omega$, см/с | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Скоростной напор в сечении (удельная кинетическая энергия) $\alpha v^2/2g$, см; при $\alpha$=1,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Полный напор в сечении (полная удельная энергия) $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$, см | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. | Потери напора $h_w$, см (рассчитываются относительно сечения 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. | Скоростной напор по оси потока $u^2/2g$, см | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. | Скорость по оси потока u, см/с | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

б)

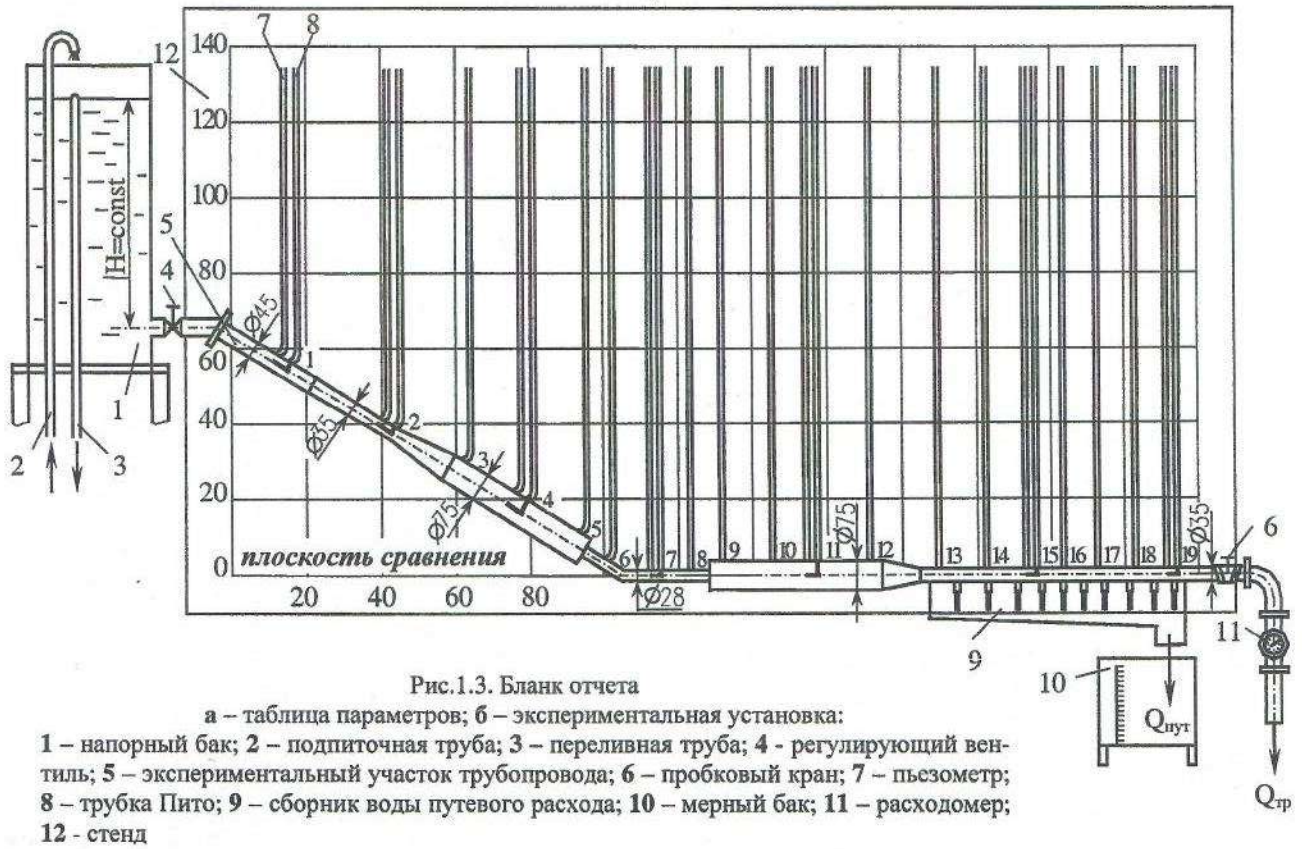



Рис.1.3. Бланк отчета

**а** – таблица параметров; **б** – экспериментальная установка:

**1** – напорный бак; **2** – подпиточная труба; **3** – переливная труба; **4** - регулирующий вентиль; **5** – экспериментальный участок трубопровода; **6** – пробковый кран; **7** – пьезометр; **8** – трубка Пито; **9** – сборник воды путевого расхода; **10** – мерный бак; **11** – расходомер; **12** - стенд

Открыто 3 последних отверстия.

Расход **Q** для сечений с1-го по17-ое определяется по формуле (1.10), для 18-го сечения - $Q_{18} = Q - Q_{пут}/3$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

Открыто 4 последних отверстия.

Расход **Q** для сечений с1-го по17-ое определяется по формуле (1.10), для 18-го сечения - $Q_{18} = Q - 2Q_{пут}/4$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

Открыто 5 последних отверстий.

Расход **Q** для сечений с1-го по16-ое определяется по формуле (1.10), для 17-го сечения - $Q_{17} = Q - Q_{пут}/5$; для 18-го - $Q_{18} = Q - 3Q_{пут}/5$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

При увеличении количества открытых отверстий определение расхода выполняется аналогично. Если работа выполняется без путевого расхода, то $Q = Q_{тр}$.

2. Определяются площади живых сечений:

$$\omega = \pi d^2 / 4 \qquad (1.11)$$

3. Определяется средняя скорость во всех сечениях:

$$v = Q / \omega$$

4. Определяется скоростной напор по средней скорости:

$$H_{ск} = \alpha v^2 / (2g)$$

(при расчете принять: коэффициент Кориолиса $\alpha = 1{,}1$; ускорение свободного падения $g = 981$ см/с$^2$).

5. Определяется полный напор во всех сечениях:

$$H = H_{ст} + H_{ск} = z + p/(\rho g) + \alpha v^2/(2g)$$

6. Определяются потери напора в гидравлических сопротивлениях от начала движения жидкости, за которое принимается сечение 1, до каждого последующего сечения

$$h_{w1\text{-}i} = H_1 - H_i, \qquad (1.12)$$

где **i** – номер сечения, **i** =1, 2, 3, …,19.



7. По полученному с помощью трубок Пито и пьезометра скоростному напору, определяется максимальная скорость в сечении:

$$u_{max} = \sqrt{2gH_{ск}}\,.$$

8. Строится диаграмма уравнения. Для этого на схеме установки в масштабе откладываются в каждом сечении значения статического напора $H_{ст} = z + p/(\rho g)$, которые соединяются отрезками ломаной линии. Это – ***пьезометрическая линия***. Затем выше, также для каждого сечения, откладываются значения полного напора $H = z + p/(\rho g) + \alpha v^2/(2g)$ и тоже соединяются прямыми отрезками. Это – ***линия полного напора***. После построения линии полного напора нужно построить эпюру потерь напора. Для этого через точку, соответствующую полному напору в сечении **1**, проводят горизонтальную линию. Это - линия ***начального напора***. Участок между линиями начального напора и полного напора заштриховывается вертикальной штриховкой. Это – ***эпюра потерь напора***. Каждая штриховая линия соответствует потерям напора между первым и любым последующим сечением.

9. Оценить точность определения полного напора для одного из сечений, указанного преподпвателем:

$$\delta H = \frac{\Delta H}{H} = \left| \frac{\Delta(z + \frac{p}{\rho g})}{(z + \frac{p}{\rho g})} \right| + \left| \frac{2\Delta W}{W} \right| + \left| \frac{2\Delta t}{t} \right| \qquad (1.13)$$

где $\Delta(z + \frac{p}{\rho g})$ - абсолютная ошибка показания пьезометра, равная 0,5 цены деления прибора; $\Delta W$ - абсолютная ошибка определения объема, равная 0,2 цены деления шкалы мерного бака; $\Delta t$ - абсолютная ошибка определения времени, принимается равной 0.5 цены деления секундомера.

### 1.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Какой закон выражает уравнение Бернулли?

2. Какой напор называется статическим? Как экспериментально определяется в работе статический напор в сечениях по длине трубы?

3. Какая линия называется пьезометрической?

4. Проанализируйте изменения пьезометрической линии: на каких участках происходит ее понижение или повышение, чем оно обусловлено; наблюдаются ли скачки пьезометрической линии, на каких участках и чем вызваны?

5. Как изменяется пьезометрическая линия на участке постоянного сечения с путевым расходом?

6. Каков геометрический смысл каждого слагаемого в уравнении Бернулли?

7. Каков энергетический смысл каждого члена уравнения Бернулли и всего уравнения в целом?

8. Какая скорость входит в уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, как она определяется?

9. Как определяется расход в лабораторной работе?

10. Как определяется полный напор в сечении?

11. Какие линии, кроме пьезометрической, строятся на диаграмме уравнения Бернулли?

12. Проанализируйте характер линии полного напора по длине трубы: имеется ли подъем линии? резкие падения, чем вызваны?

13. Как определяются потери напора в сечениях, как строится эпюра потерь напора?

14. Каким прибором можно определить скорость в данной точке сечения потока?

15. Сопоставьте значения средней скорости в сечении со скоростью по оси потока в том же сечении? Какая из них больше и почему?

16. Что такое геометрический, пьезометрический и гидравлический уклон? Какой уклон может быть только положительным?



## Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их единицами измерения;
- бланк с заполненной таблицей и построенной диаграммой, на которой должны быть подписаны основные линии и для одного из сечений показаны все напоры;
- выводы по работе, в которых даются подробные ответы на следующие вопросы: 4, 5, 12, 15.

## *Лабораторная работа № 2*

# Изучение режимов движения жидкости

### 2.1. Теоретические положения

Современные представления о двух режимах движения жидкости сформировались в результате работ английского физика Осборна Рейнольдса, опубликованных в 1883-1885 годах и обобщивших экспериментальные исследования многих ученых. Было замечено, что затраты энергии на преодоление гидравлических сопротивлений при движении потока существенно зависят от характера движения жидкости. Было доказано наличие двух режимов движения – ламинарного и турбулентного.

***Ламинарным*** называется упорядоченное течение жидкости, при котором жидкость в потоке перемещается как бы слоями, струйками, параллельными направлению течения, не перемешивающимися друг с другом. Ламинарный режим наблюдается при движении жидкостей с малыми скоростями или при движении очень вязких жидкостей.

***Турбулентный*** режим – форма течения жидкости, при которой частицы совершают неустановившееся движение по сложным траекториям, слойность движения жидкости нарушается, появляется пульсация скорости, вызывающая более или менее интенсивное перемешивание жидких частиц в потоке.

Переход от ламинарного течения к турбулентному может начинаться со случайных возмущений параметров потока. Но пока скорости малы, возмущения затухают за счет действия сил вязкого трения. С увеличением скорости и ростом сил инерции возмущения приводят к потере устойчивости ламинарного режима и переходу его в турбулентный.

Гидродинамическая характеристика, определяющая режим движения жидкости, называется ***числом Рейнольдса*** **Re**. Расчетная зависимость числа Рейнольдса:



- для потоков любого профиля

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{v}l}{\nu}; \qquad (2.1)$$

- для трубопроводов круглого сечения:

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{v}\mathbf{d}}{\nu}; \qquad (2.2)$$

где **v** – средняя скорость потока, м/с;

***l*** – линейная характеристика потока, м;

**d** – диаметр трубы, м;

ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости, $м^2/с$.

Скорость течения жидкости, при которой происходит переход от одного режима движения к другому, называется ***критической*** ($v_{кр}$). Число Рейнольдса, соответствующее критической скорости, так же называют критическим:

$$\mathbf{Re}_{кр} = \mathbf{v}_{кр}\mathbf{d}/\nu.$$

В технических расчётах для течения в круглых трубах принято значение критического числа Рейнольдса $\mathbf{Re}_{кр} = 2300$.

Ламинарный режим движения будет устойчивым для круглых труб при числах Рейнольдса $\mathbf{Re} < 2300$.

При $\mathbf{Re} > \mathbf{Re}_{кр}$ режим движения будет турбулентным.

Практически переход от ламинарного движения к турбулентному происходит в некотором диапазоне чисел Рейнольдса от нижнего критического $\mathbf{Re}_{кр}^{н} = 2300$ до верхнего критического $\mathbf{Re}_{кр}^{в} = 4000$. Область неустойчивого движения при расчетах относят к турбулентному течению, хотя визуально режим кажется близким к ламинарному.

## 2.2. Выполнение лабораторной работы

### 2.2.1. Цель работы

Изучить опытным путём с помощью подкрашивания струек воды наличие двух режимов движения. Рассчитать значения чисел Рейнольдса во всех опытах.

Сравнить визуальные наблюдения режимов движения с теоретическими расчётами.

### 2.2.2. Описание лабораторной установки

Установка Рейнольдса является классической для изучения режимов движения вязкой жидкости. На рис. 2.1. представлена схема установки, аналогичная установке Рейнольдса. Установка состоит из напорного бака **1** с постоянным уровнем жидкости. Из бака выведена стеклянная труба **2**, имеющая плавный скругленный вход для обеспечения минимальных потерь напора при формировании потока в трубе. Диаметр трубы - **d** = 30 мм, длина - $l$ = 2,5 м. Регулирующий кран **3** служит для изменения скорости движения воды по трубе. Промежуточный резервуар **4** предназначен для смягчения гидравлического удара при открытии и закрытии крана. Объём воды в опыте измеряется мерным бачком **5**. Температура жидкости в питающем резервуаре регистрируется термометром **6**.

Для визуального наблюдения за распределением струек жидкости в потоке к трубе подводится красящая жидкость по двум капиллярным трубочкам из сосуда **7** с красителем. Поступление краски регулируется зажимом **8**.



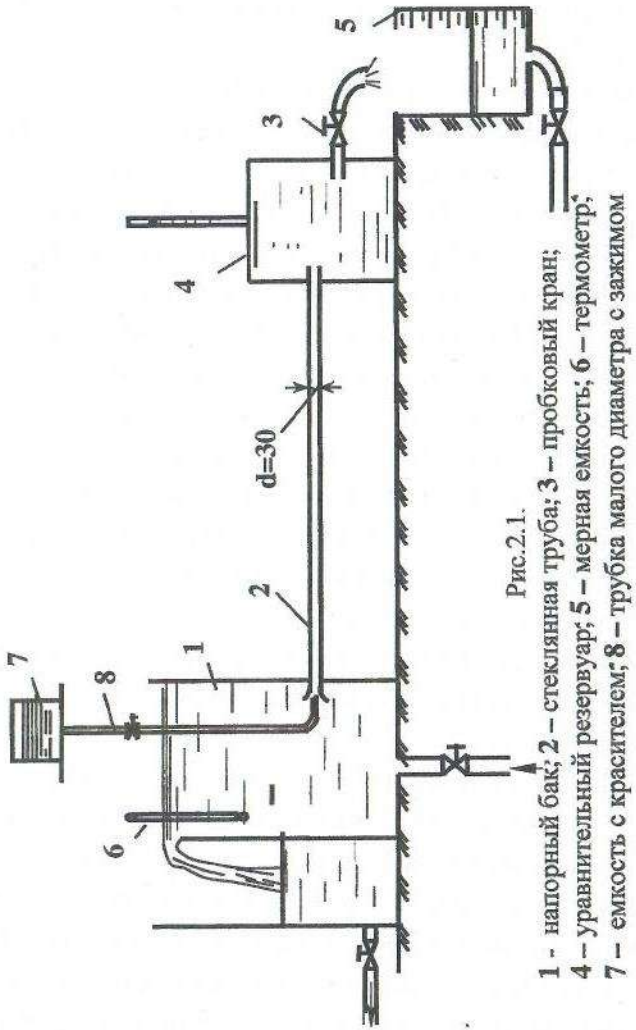



Рис.2.1.
1 - напорный бак; 2 – стеклянная труба; 3 – пробковый кран;
4 – уравнительный резервуар; 5 – мерная емкость; 6 – термометр;
7 – емкость с красителем; 8 – трубка малого диаметра с зажимом

### 2.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с установкой и с назначением каждого её элемента и устройства.

2. Записать показания термометра в табл. 2.1.

3. Опыт начинается с малых скоростей. Пробковому крану дается небольшое открытие. Одновременно ослабляется зажим у сосуда с красителем. Добиваются, чтобы скорость поступления красителя по двум капиллярным трубочкам была равна скорости движения воды в стеклянной трубе. Визуально наблюдают поведение окрашенных струек в потоке. При малых скоростях наблюдается параллельно-струйное, прямолинейное, послойное движение воды. В процессе опыта по секундомеру определяется время наполнения 1 литра воды в мерной ёмкости.

4. Пробковому крану дается большее открытие, опыт повторяется. Снова визуально наблюдается поведение окрашенных струек и фиксируется время наполнения принятого объёма воды в мерной ёмкости. Картина опыта снова зарисовывается, если она изменилась.

5. При постепенном открытии крана желательно уловить визуально момент перехода от ламинарного режима к турбулентному, т.е. режиму неустойчивого движения. Окрашенные струйки начинают колебаться, двигаться волнообразно. Скорость движения в этом опыте следует зафиксировать как критическую.

6. В последующих опытах крану дается наибольшее открытие, при котором наблюдаются сильные пульсации, завихрение струек, и наступает момент, когда краска полностью размывается. Это свидетельствует о турбулентном режиме движения. Картину опыта нужно зарисовать.

7. В последнем опыте следует пронаблюдать переход от турбулентного режима к ламинарному, для чего постепенно прикрывать кран.

8. Все опытные данные занести в табл. 2.1, сделать необходимые расчёты и зарисовки траекторий струек в каждом опыте. Для каждого опыта подсчитать значение числа Рейнольдса и сделать заключение о режиме движения.



Таблица 2.1.

**Определение режимов движения воды**

| Наименование параметров | Номер опыта | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Диаметр трубы **d**,см | | | | | |
| 2. Площадь сечения $\omega$, $см^2$ | | | | | |
| 3. Температура воды **T**, °C | | | | | |
| 4. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu$, $см^2/с$ | | | | | |
| 5. Объём воды в мерном бак **W**, $см^3$ | | | | | |
| 6. Время заполнения объёма **t**,с | | | | | |
| 7. Расход воды **Q**, $см^3/с$ | | | | | |
| 8. Средняя скорость воды **v**,см/с | | | | | |
| 9. Число Рейнольдса **Re** | | | | | |
| 10. Режим движения (визуально) | | | | | |
| 11. Режим движения (теоретически) | | | | | |

### 2.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

Для каждого опыта вычислить

1. площадь живого сечения $\omega = \pi d^2 / 4$,
2. величину расхода воды $Q = W / t$,
3. среднюю скорость воды $v = Q / \omega$,
4. число Рейнольдса $Re = vd / \nu$.

Кинематический коэффициент вязкости $\nu$ определяется по таблице 2.2 в соответствии с температурой воды.

5. по рассчитанным числам **Re** теоретически определяется режим движения при сравнении его с $Re_{кр} = 2300$.

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.2.

**Кинематический коэффициент вязкости воды ν при различной температуре T**

| T,° C | ν, см²/с | T,°C | ν, см²/с | T,°C | ν, см²/с | T,°C | ν, см²/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0173 | 8 | 0,0139 | 15 | 0,0115 | 22 | 0,0099 |
| 2 | 0,0168 | 9 | 0,0135 | 16 | 0,0112 | 23 | 0,0096 |
| 3 | 0,0162 | 10 | 0,0131 | 17 | 0,0109 | 24 | 0,0092 |
| 4 | 0,0157 | 11 | 0,0128 | 18 | 0,0106 | 25 | 0,0090 |
| 5 | 0,0152 | 12 | 0,0125 | 19 | 0,0104 | 26 | 0,0088 |
| 6 | 0,0148 | 13 | 0,0121 | 20 | 0,0101 | 27 | 0,0086 |
| 7 | 0,0144 | 14 | 0,0118 | 21 | 0,0100 | 28 | 0,0084 |

По заданию преподавателя для одного из опытов оценивается величина инструментальной погрешности при определении экспериментальных параметров:

- средней скорости **v**

$$\delta v = v\left(\frac{\delta W}{W} + \frac{\delta t}{t} + 2\frac{\delta d}{d}\right),$$

- числа **Re**

$$\delta Re = Re\left(\frac{\delta v}{v} + \frac{\delta d}{d} + \frac{\delta \nu}{\nu}\right)$$

при $\delta W/W = 1{,}5\%$; $\delta t = 0{,}1$ с; $\delta d = 0{,}5$ мм; $\delta\nu/\nu = 1\%$.

### 2.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Из каких элементов состоит установка Рейнольдса? Их назначение?
2. Для чего измеряется температура воды?
3. Дать определение ламинарного режима, турбулентного течения.



4. Каково назначение сосуда с красителем? Как краситель подается в поток?
5. Каков порядок проведения опытов?
6. Какая скорость называется критической? Какой критерий является гидродинамической характеристикой потока?
7. Что такое критическое число Рейнольдса?
8. Как определяется расход? средняя скорость? число Рейнольдса?
9. Для чего в работе используется кинематический коэффициент вязкости? Какова его размерность?
10. Какими методами в работе определяется режим движения?
11. Чему равна теоретическая критическая скорость для данной трубы? Какое получено опытное значение критической скорости?
12. Совпали ли визуальные наблюдения с теоретическими расчетами?

### Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и включает в себя:

- краткие теоретические положения, где обязательно приводятся используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их единицами измерения;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на следующие вопросы: 7, 10, 11,12.

## *Лабораторная работа № 3*

# Определение потерь напора по длине и коэффициента гидравлического трения

### 3.1. Теоретические положения

Часть механической энергии, идущая на преодоление ***сил гидравлического сопротивления,*** возникающих при движении реальной (вязкой) жидкости по трубам и каналам, теряется для данной системы безвозвратно. Эта потеря обусловлена необратимым переходом механической энергии, равной работе сил вязкого трения, в теплоту. Поэтому под ***гидравлическими сопротивлениями*** будем понимать все внешние факторы, приводящие к затратам энергии, а под ***гидравлическими потерями*** - величину, равную потере полной энергии на данном участке.

Гидравлические сопротивления, а также и потери напора подразделяют на два вида

- ***потери напора по длине (или линейные)***, т. е. распределенные по всей длине, вдоль которой происходит движение;
- ***местные потери напора***, т. е. сосредоточенные в конкретном месте, где происходит переформирование потока.

Основным гидравлическим сопротивлением при движении потока жидкости является вся внутренняя поверхность твердой границы потока, так называемое ***линейное сопротивление***.

***Потери напора по длине*** в напорном трубопроводе зависят от геометрических размеров трубопровода, длины и диаметров трубы, средней скорости движения, режима движения жидкости и состояния внутренней поверхности трубы, т. е. её шероховатости.

Потери по длине рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \qquad (3.1)$$



$\lambda$ – коэффициент гидравлического трения, коэффициент Дарси;

$l$, $d$ - длина и диаметр участка;

$v$ - средняя скорость в сечении потока.

Значение коэффициента $\lambda$ и выбор зависимости для его расчета в общем случае зависят от режима течения жидкости, характеризуемого числом Рейольдса, и шероховатостью $\Delta/d$. Характеристикой шероховатости внутренней поверхности труб является высота выступов шероховатости $\Delta$ – ***абсолютная шероховатость***. Отношение $\Delta/d$ называют ***относительной шероховатостью***, а обратную величину $d/\Delta$ - ***относительной гладкостью***.

$$\lambda = f(Re, \frac{\Delta}{d}). \qquad (3.2)$$

Потери напора $h_l$ связаны со скоростью движения жидкости $v$ закономерностью, которую называют ***общим законом сопротивления***:

$$I = \frac{h_l}{l} = av^n, \qquad (3.3)$$

где $I$ - удельные потери напора по длине (или гидравлический уклон);

$a$ – коэффициент, зависящий от рода жидкости, от формы и размеров русла;

$n$ – показатель степени, изменяющийся от 1 до 2.

При ***ламинарном режиме*** движения ($Re \leq 2300$, $n = 1$, $h_l \sim v$) коэффициент Дарси не зависит от шероховатости стенок и может быть определен по формуле Пуазейля:

$$\lambda = 64/Re. \qquad (3.4)$$

При ***турбулентном режиме*** зависимость $h_l$ от $v$ более сложная, показатель степени $n$ изменяется в пределах от 1,75 до 2. Вследствие этого в турбулентном режиме выделяют три зоны с различным ***законом сопротивления.*** Коэффициент Дарси для каждой из зон определяют по

соответствующим формулам. При этом важным является понятие гидравлических «гладких» и «шероховатых» труб (рис.3.1).

Измерения скоростей показывают, что при турбулентном режиме у стенок имеется тонкий слой жидкости, в котором частицы, подторможенные и направленные стенкой, сохраняют в основном слоистый характер. Этот слой называют ***пограничным*** или ***вязким пристенным слоем*** и толщину его обозначают **δ**:

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}. \qquad (3.5)$$

Определение «гидравлически гладких» стенок связано с толщиной этого слоя следующим образом. Если пристенный слой полностью перекрывает выступы шероховатости ($\delta > \Delta$, рис. 3.1, а), то стенки называются «гидравлически гладкими», если $\delta < \Delta$(рис. 3.1, б), то стенки считаются «шероховатыми».

а) «гладкая» стенка б) «шероховатая» стенка в) эквивалентная шероховатость

Рис.3.1. К определению понятий гидравлических «гладких» и «шероховатых» труб

Границы зон турбулентного режима можно определить различными способами, но наиболее применяемыми в последнее время считаются рекомендации А.Д. Альтшуля. Критерием для определения зоны турбулентности является число **Re** и $\Delta_э/d$, где $\Delta_э$ - эквивалентная шероховатость. Обычно естественная шероховатость имеет многообразные нерегулярные формы (рис. 3.1, а, б) и установить ее среднее значение невозможно. Поэтому параметр шероховатости вводится как условная величина, определяемая по специальной шкале искусственной однородной шероховатости (рис. 3.1, в). Значения ее приводятся в справочной литературе в зависимости от материала поверхности, способа изготовления, периода и условий эксплуатации. При необходимости $\Delta_э$ определяется опытным путем.



При турбулентном режиме могут быть рекомендованы следующие зависимости для определения коэффициента Дарси.

1. ***«Гидравлически гладкие» стенки*** ($h_l \sim v^{1,75}$).

К началу этой области будем относить числа **Re > 2300**. Границу конца гладкостенного течения определим по соотношению

$$Re = 20\,d / \Delta_э,$$

т. е. будем считать течение, происходящим вдоль гладких стенок, если

$$2300 < Re \le 20d/\Delta_э. \qquad (3.6)$$

Для этой зоны может быть рекомендована формула Блазиуса:

$$\lambda = 0{,}3164 / Re^{0,25}. \qquad (3.7)$$

2. Область ***доквадратичного закона сопротивления*** шероховатых стенок соответствует турбулентному течению с числами Рейнольдса

$$20d/\Delta_э < Re < 500d/\Delta_э. \qquad (3.8)$$

Коэффициент **λ** в этой области определяется по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_э}{d}\right)^{0,25} \qquad (3.9)$$

3. Область ***квадратичного закона сопротивления*** характеризуется тем, что потери напора пропорциональны ***квадрату*** скорости: $h_l \sim v^2$.

Границей начала данной области – области автомодельности турбулентного режима – можно считать число Рейнольдса

$$Re = 500d/\Delta_э.$$

В этой области вязкий слой практически разрушен и не оказывает влияния на потери напора, при этом $\delta$ минимально возможное и постоянное, а коэффициент гидравлического трения не зависит от числа Рейнольдса.

Итак, при

$$Re \geq 500d/\Delta_э \qquad (3.10)$$

формулы для определения коэффициента Дарси:

Никурадзе

$$\lambda = (1{,}74 + 2\lg(r/\Delta_э))^{-2} \qquad (3.11)$$

Шифринсона

$$\lambda = 0{,}11(\Delta_э/d)^{0{,}25}. \qquad (3.12)$$

На рис.3.2 представлена схема для выбора теоретической расчетной формулы коэффициента $\lambda$, обобщающая изложенные выше теоретические положения.

### 3.2. Выполнение лабораторной работы

#### 3.2.1. Цель лабораторной работы

1. Определить опытным путем коэффициент гидравлического трения, коэффициент Дарси $\lambda_{оп}$ в трубопроводе при различных скоростях движения воды.
2. Рассчитать теоретическое значение коэффициента Дарси $\lambda_{теор}$ в соответствии с режимом движения воды и зоной сопротивления.



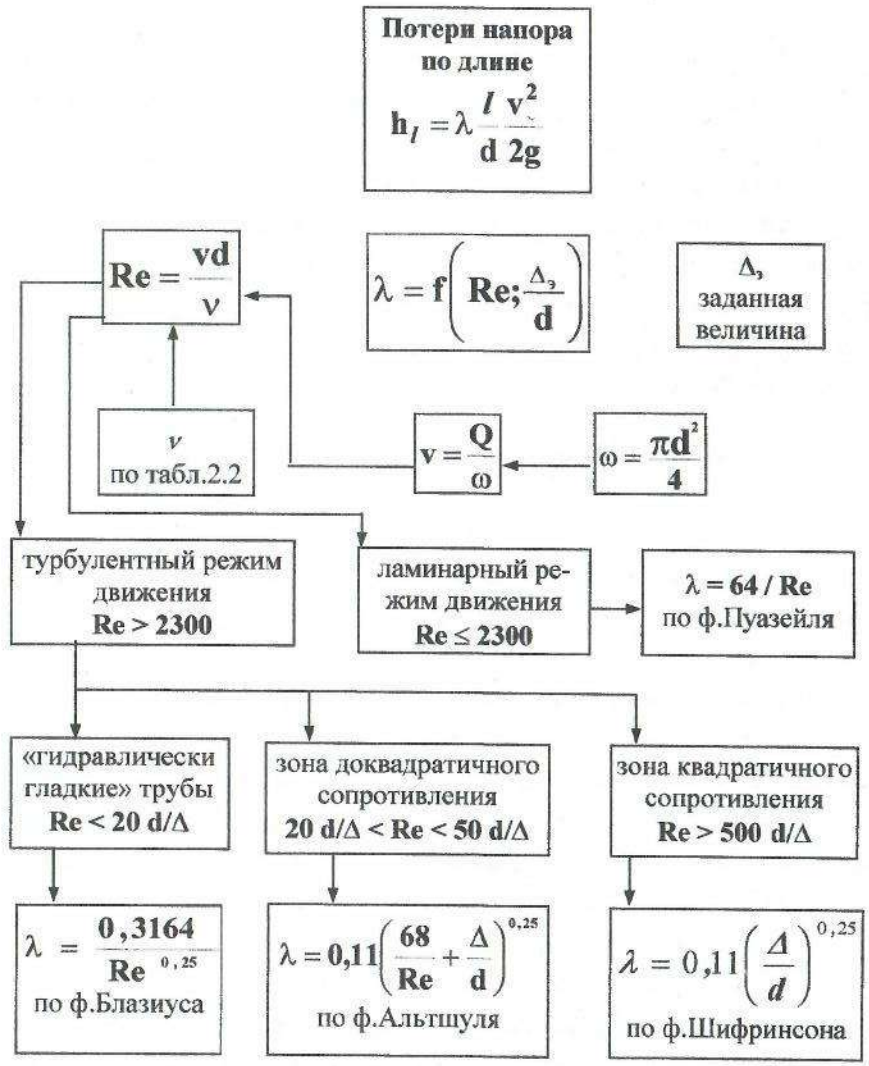



Рис. 3.2. Схема выбора теоретической формулы для расчета коэффициента гидравлического трения $\lambda_{теор}$

### 3.2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис 3.3) состоит из напорного бака **1**, трубопровода постоянного диаметра **2**, вентиля **3** для регулирования скорости движения воды, пьезометров **4**, присоединенных к штуцерам в начале и в конце испытуемого участка трубы, мерной ёмкости **5**.

Лабораторные работы выполняются при установившемся движении, поэтому для поддержания постоянного напора в напорном баке **1** предусмотрена сливная труба **7**. Подпитка напорного бака осуществляется от центробежного насоса или из водопроводной сети по соответствующим трубам **8**.

### 3.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа по определению коэффициента гидравлического трения $\lambda$ может быть выполнена по указанию преподавателя на одной из труб: с диаметром **d** = 36мм или **d** = 20 мм. Длина экспериментального участка $l$ = 4,4 м.

В процессе проведения работы опытные значения коэффициента гидравлического трения $\lambda_{оп}$ следует определить при различной средней скорости движения воды в трубе. Первый опыт можно начать с небольшой скорости и затем от опыта к опыту увеличивать скорость, или в обратной последовательности: начать с максимальной скорости и уменьшать ее от опыта к опыту.

Последовательность проведения каждого опыта.

1. Перед началом работы осмотреть установку. В табл. 3.1. внести значения диаметра и длины рабочего участка испытуемой трубы. Проверить подключение пьезометров, установить их нумерацию: 1 – в начале участка трубы; 2 – в конце трубы по ходу движения жидкости. Убедиться, что нет воздушных пробок в соединительных резиновых трубах: показания пьезометра должны быть одинаковы.



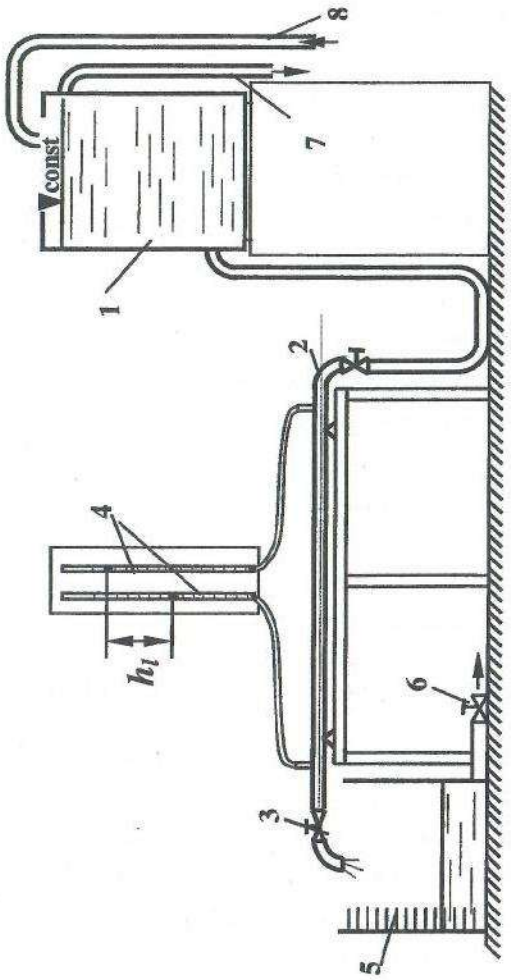



Рис. 3.3. Установка для изучения потерь напора по длине:
1 – напорный бак; 2 – исследуемая труба; 3 – вентиль; 4 – пьезометры; 5 – мерный бак;
6 – сливная труба; 7 – переливная труба; 8 – подпиточная труба

2. Открыть регулировочный вентиль **3**, установить определенную скорость движения воды, одновременно с помощью подпиточной трубы (8) (или насоса) и сливной трубы **7** установить постоянный уровень воды в напорном баке. Таким образом обеспечить установившееся движение воды в экспериментальной установке.
3. Перекрыть вентиль **6** на сливной трубе мерной емкости.
4. Перейти к снятию замеров и показаний приборов:
- снять показания пьезометров **4**;
- с помощью секундомера определить время наполнения определенного объема воды в мерной емкости **5**. Цена деления в мерной емкости 10 литров ($10^4 см^3$);
- измерить температуру воды в мерном баке.
5. Последовательно провести 5-6 опытов при различных скоростях, полностью используя возможности установки. Если мерный бак **5** переполняется в процессе работы, можно, открыв вентиль **6**, слить воду из него, снова закрыть вентиль и продолжить работу до завершения.
6. Все исходные и опытные данные занести в табл. 3.1. и обработать результаты экспериментов.

### 3.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2.выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются потери напора:

$$h_l = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g). \qquad (3.13)$$



6. Рассчитывается опытное значение коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda_{оп} = \frac{2gdh_l}{l \cdot v^2}. \qquad (3.14)$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

и определяется режим движения воды.

8. В случае турбулентного режима определяются граничные значения чисел **Re** для установления области сопротивления

$20d/\Delta_э = ?$ $\qquad$ $500d/\Delta_э = ?$

Сравнивая полученные значения с числами **Re** в каждом опыте, определяют зону турбулентного течения.

9. В соответствии с выполненными расчетами руководствуясь теоретическими положениями (рис.3.2), выбирается теоретическая формула для определения коэффициента Дарси $\lambda_{теор}$.

10. Затем для сравнения полученных значений $\lambda_{теор}$ и $\lambda_{оп}$ вычисляется величина отклонения ε опытного значения коэффициента от теоретического:

$$\varepsilon = (|\lambda_{теор} - \lambda_{оп}| / \lambda_{теор}) \cdot 100\%. \qquad (3.15)$$

Результаты обработки измерений заносятся в таблицу 3.1.

11. По заданию преподавателя для одного из опытов может быть выполнен расчет погрешности определения $\lambda_{оп}$. Для этого формула (3.14) может быть представлена в виде:

$$\lambda_{оп} = \frac{h_l d^5 t^2}{0{,}0827 l W^2} \qquad (3.16)$$

и тогда расчет ошибки может быть выполнен по зависимости:

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta h_l}{h_l} + \frac{5\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{2\Delta W}{W} + \frac{2\Delta t}{t}. \qquad (3.17)$$

Таблица 3.1

**Определение коэффициента гидравлического трения**

| Наименование параметров | Номер опыта | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Диаметр трубы **d** ,см | | | | | | |
| 2. Длина рабочего участка ***l***, см | | | | | | |
| 3. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$ | | | | | | |
| 4. Эквивалентная шероховатость **Δ**,см | | | | | | |
| 5. Температура воды **T**, °C | | | | | | |
| 6. Кинематический коэффициент вязкости воды **ν**, $см^2/с$ | | | | | | |
| 7. Объём воды в мерном баке **W**,$см^3$ | | | | | | |
| 8. Время заполнения объёма **t**, с | | | | | | |
| 9. Расход воды **Q**, $см^3/с$ | | | | | | |
| 10. Средняя скорость воды **v**, см/с | | | | | | |
| 11. Показание первого пьезометра $p_1/(\rho g)$, см | | | | | | |
| 12.Показание второго пьезометра $p_2/(\rho g)$, см | | | | | | |
| 13.Потери напора $h_l$, см | | | | | | |
| 14.Опытное значение коэффициента $\lambda_{оп}$ | | | | | | |
| 15.Число Рейнольдса **Re** | | | | | | |
| 16.Режим движения и область сопротивления турбулентного режима | | | | | | |
| 17.Теоретическое значение коэффициента $\lambda_{теор}$ | | | | | | |
| 18. Отклонение **ε**, % | | | | | | |



Абсолютные погрешности измеряемых величин Δ... принимаются следующим образом:

$\Delta d = 0{,}1$ мм; $\Delta W = 0{,}1$ наименьшего деления шкалы мерного бака; $\Delta t = 0{,}1$ с; $\Delta h_l = 0{,}5$ цены деления шкалы пьезометра; погрешностью измерения длины трубы можно пренебречь вследствие малости.

### 3.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Что такое гидравлические сопротивления, какие виды гидравлических сопротивлений учитывают в инженерных расчетах?
2. Каковы причины, вызывающие потери напора по длине? Какие имеются формулы для определения потерь по длине?
3. От каких параметров зависит коэффициент гидравлического трения?
4. Какие зоны турбулентного режима различают?
5. Какой смысл вкладывается в понятия «гидравлически гладкие» и «гидравлически шероховатые» трубы?
6. Что такое «эквивалентная шероховатость», как ее можно определить?
7. Какие имеются рекомендации для определения границ зон турбулентного режима?
8. Какие показатели степени у скорости в общем, законе сопротивления при различных режимах и в разных зонах сопротивления турбулентного режима?
9. Как в данной работе экспериментально определяются потери напора по длине?
10. Из каких элементов состоит лабораторная установка?
11. Какие замеры выполняются в каждом опыте на установке?

### Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующие моменты:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на вопросы: 1, 2, 3, 7, а также приводятся значения границ зон турбулентного режима для данной трубы и обоснование выбранных расчетных формул для теоретического значения коэффициента Дарси; в заключении отмечаются опыты с наилучшей сходимостью опытных и теоретических значений коэффициента.



## *Лабораторная работа №4*

# Определение местных потерь напора и коэффициентов местных сопротивлений

### 4.1.Теоретические положения

***Местными сопротивлениями*** называются различного рода устройства, при прохождении через которые меняется направление движения потока жидкости или величина скорости, или и то, и другое. К местным сопротивлениям относятся краны, задвижки, повороты труб, тройники, внезапное сужение потока, внезапное расширение и т.п.

Потери напора в местном сопротивлении рассчитываются по формуле Вейсбаха:

$$h_r = \zeta \frac{v^2}{2g}, \qquad (4.1)$$

где $\zeta$ - коэффициент местного сопротивления, показывающий долю скоростного напора, затрачиваемого на преодоление данного сопротивления.

Течение жидкости через местные сопротивления – очень сложное явление, и теоретические значения коэффициентов $\zeta$ получены лишь для немногих видов местных сопротивлений.

Для большинства местных сопротивлений значения коэффициентов $\zeta$ получены из экспериментов и приводятся в гидравлических справочниках.

На величину коэффициента $\zeta$ влияют многие факторы, в том числе геометрические параметры устройства, режим течения, шероховатость его стенок. Для запорных устройств (кранов, вентилей, задвижек, клапанов, дросселей и т. д.) большое влияние на величину $\zeta$ оказывает степень открытия.

Рассмотрим подробнее несколько видов местных сопротивлений, а именно тех, которые используются в данной лабораторной работе.

***Вентиль*** (рис.4.1, а). Это очень распространенный элемент запорной арматуры. Выпускается промышленностью с различной конструкцией и конфигурацией внутренних клапанов. На рисунке показана примерная структура потока при прохождении вентиля. При различном открытии вентиля коэффициент ζ будет иметь свои значения. Кроме того, эти значения зависят от диаметра трубопровода, от расположения делительных стенок. В справочной литературе значения коэффициента ζ чаще всего приводятся для полностью открытого вентиля.

***Диафрагма (измерительная шайба)*** (рис.4.1, б). Такое устройство часто применяется в качестве измерительного прибора для определения величины расхода. В самом деле, потери напора $h_r$ пропорциональны напору $v^2/(2g)$ и, следовательно, расходу жидкости Q. Если предварительно выполнить тарировочные работы, т.е. опытным путем получить для диафрагмы зависимость $h_r=f(Q)$ или, наоборот, $Q=f(h_r)$ то, построив график этой зависимости (рис.4.1, в), можно его применять в дальнейшем для определения величины расхода по показаниям пьезометров или дифманометра.

Значение коэффициента сопротивления ζ для диафрагмы зависят от размера проходного отверстия.

***Пробковый кран*** (4.1, г). Эти устройства часто применяются в гидросистемах для регулирования расхода, для включения и выключения системы. Коэффициент ζ зависит от угла поворота пробки относительно оси. Примерные значения ζ при турбулентном режиме течения с числами $Re>10^4$ приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

**Коэффициент сопротивления пробкового крана**

| α,град | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 | 67 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ζ | 0,05 | 0,31 | 1084 | 6,15 | 20,7 | 95,3 | 275 | ∞ |



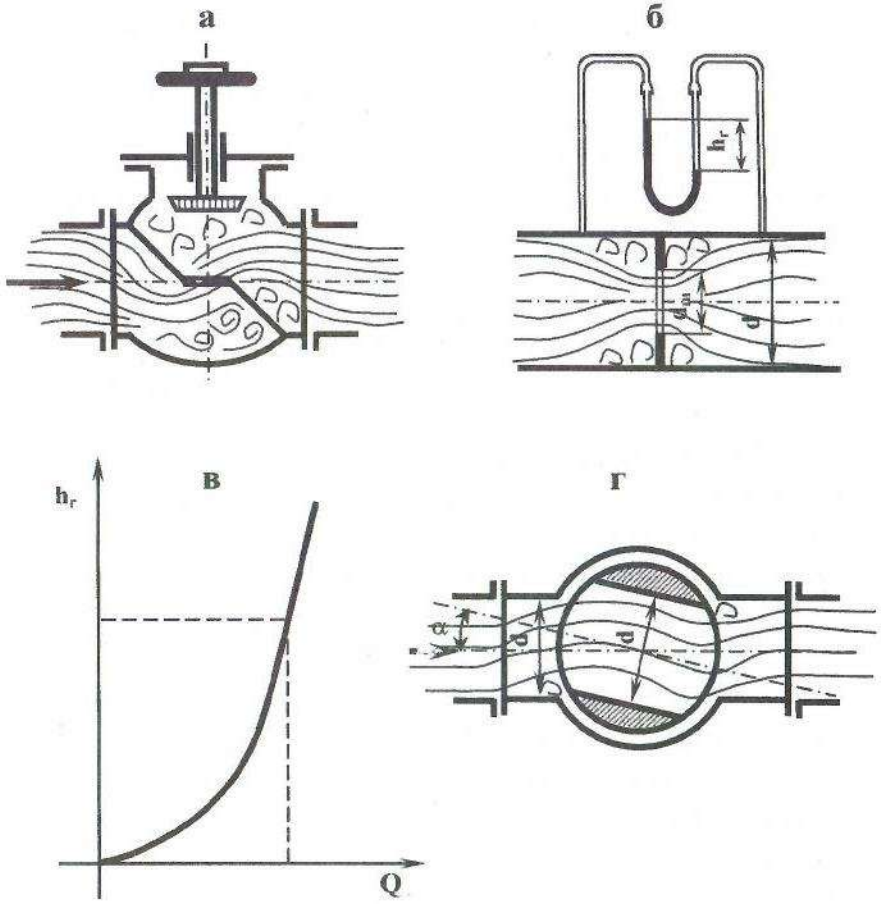



Рис. 4.1. Примеры местных сопротивлений

Значения коэффициентов ζ для местных сопротивлений строго индивидуальны и даже при соблюдении рекомендаций по установке стандартной аппаратуры в каждом случае могут появиться отклонения значений ζ от табличных справочных данных. Поэтому важно уметь определять коэффициенты сопротивлений опытным путем.

## 4.2. Выполнение лабораторной работы

### 4.2.1. Цель лабораторной работы

1. Определить опытным путем коэффициенты местных сопротивлений различных устройств: вентиля, пробкового крана, диафрагмы.

2. Изменить угол открытия пробкового крана в пределах от 5° до 45° и, определив коэффициенты сопротивления пробкового крана при разных углах открытия, сравнить опытные значения с табличными.

### 4.2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для изучения потерь напора в местных сопротивлениях аналогична установке для определения потерь напора по длине. Обе питаются от одного напорного бака, смонтированы на одной раме, имеют аналогичные измерительные приборы.

Лабораторная установка (рис. 4.2) состоит из напорного бака **1**, трубопровода постоянного диаметра **2** с вентилем **3** для регулирования расхода и с рабочими местными сопротивлениями: вентилем **4**; пробковым краном **5**, диафрагмой **6**. На трубе у каждого местного сопротивления, до и после него, имеются штуцеры, к которым присоединены пьезометры **7**. Мерная емкость **8** оборудована сливом **9**. У напорного бака **1** для обеспечения постоянного напора имеется подпиточная **10** и сливная **11** трубы.

### 4.2.3. Порядок выполнение лабораторной работы

Перед началом выполнения опытов осмотреть установку, внимательно разобраться с присоединением пьезометров к местным сопротивлениям, установить их нумерацию по ходу движения жидкости для каждого местного сопротивления. Убедиться, что в резиновых трубках, идущих к пьезометрам, нет пузырьков воздуха.



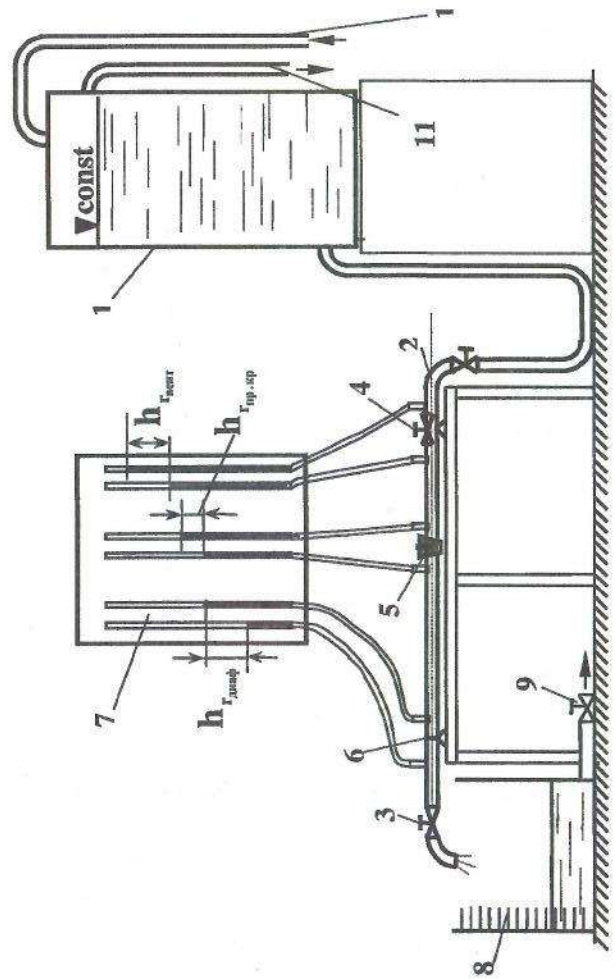



Рис.4.2. Установка для изучения потерь напора в местных сопротивлениях:
1 – напорный бак; 2 – исследуемая труба; 3 – вентиль для регулирования скорости;
4 – вентиль; 5 – пробковый кран; 6 – диафрагма (шайба); 7 – пьезометры; 8 – мерный бак; 9 – сливная труба; 10 - подпиточная труба; 11 – переливная труба

На установке можно проводить различные опыты, в том числе тарирование измерительной диафрагмы, определение зависимости коэффициентов сопротивления пробкового крана от угла поворота пробки.

Чаще всего определяются коэффициенты $\zeta$ для всех сопротивлений при двух различных расходах воды.

Порядок эксперимента следующий:

1. Открыть полностью вентиль **4** и пробковый кран **5**.
2. Вентилю **3** дать значительное открытие, так чтобы установился развитый турбулентный режим (открывать вентиль **3** можно до тех пор, пока есть показания во 2-ом пьезометре измерительной шайбы).
3. Подпиточным краном или насосом установить постоянный уровень воды в напорном баке.
4. Перекрыв вентиль слива мерного бака, измерить время заполнения установленного объема. Снять показание всех пьезометров (у каждого местного сопротивления). Открыть слив и измерить температуру воды в мерном баке. Данные опыта заносятся в таблицу 4.2.
5. Следующая серия опытов проводится при измерении угла открытия пробкового крана. Гаечным ключом пробка поворачивается на определенный угол в интервале от 5° до 45°. Опыт повторяется при новом расходе.

### 4.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

Обработка экспериментальных данных аналогична обработке данных лабораторной работы №3 по определению потерь напора на трение по длине. В расчетах принять ускорение свободного падения $\mathbf{g = 981}$ см/с$^2$.



Таблица 4.2.

**Определение коэффициентов местных сопротивлений**

| Наименование параметров | Вентиль | | Пробковый кран | | Диафрагма | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 опыт | 2 опыт | 1 опыт | 2 опыт | 1 опыт | 2 опыт |
| 1. Диаметр трубы **d** ,см | | | | | | |
| 2. Площадь живого сечения $\omega$, см$^2$ | | | | | | |
| 3. Температура воды **T**, °C | | | | | | |
| 4. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu$,см$^2$/с | | | | | | |
| 5. Объём воды в мерном баке **W**, см$^3$ | | | | | | |
| 6. Время опыта **t**, с | | | | | | |
| 7. Расход воды **Q**, см$^3$/с | | | | | | |
| 8. Средняя скорость воды **v**, см/с | | | | | | |
| 9. Показание первого пьезометра $\mathbf{p_1/(\rho g)}$, см | | | | | | |
| 10.Показание второго пьезометра $\mathbf{p_2/(\rho g)}$, см | | | | | | |
| 11.Потери напора $\mathbf{h_r}$, см | | | | | | |
| 12. Коэффициент местного сопротивления $\zeta$ | | | | | | |
| 13.Число Рейнольдса **Re**, режим течения | | | | | | |

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2 .выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются местные потери напора:

$$h_r = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g). \qquad (4.2)$$

6. Определяется значение коэффициентов местных сопротивлений:

$$\zeta = 2gh_r/v^2 . \qquad (4.3)$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

и определяется режим движения воды.

8. Все расчетные данные заносятся в таблицу 4.2.

9. По заданию преподавателя для одного из опытов может быть выполнен расчет погрешности определения ζ. Для этого формула (4.3) может быть представлена в виде:

$$\zeta = 12{,}08\, h_r d^4 t^2/W^2 \qquad (4.4)$$

и тогда расчет относительной систематической погрешности может быть выполнен по зависимости:

$$\delta\zeta = \frac{\Delta\zeta}{\zeta} = \frac{\Delta h_r}{h_r} + \frac{4\Delta d}{d} + \frac{2\Delta W}{W} + \frac{2\Delta t}{t}. \qquad (4.5)$$

Абсолютные погрешности измеряемых величин Δ... принимаются следующим образом:

$\Delta d = 0{,}1$ мм; $\Delta W = 0{,}1$ наименьшего деления шкалы мерного бака; $\Delta t = 0{,}1$ с; $\Delta h_r = 0{,}5$ цены деления шкалы пьезометра.



### 4.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Что такое местное сопротивление?
2. По какой формуле рассчитываются местные потери напора?
3. Какие местные сопротивления используются при выполнении лабораторной работы?
4. Как экспериментально в данной работе определялись местные потери напора?
5. От чего зависит коэффициент местного сопротивления для запорной аппаратуры?
6. Из каких элементов состоит лабораторная установка?
7. Какие измерения выполняются в каждом опыте?
8. Для чего измеряется температура в опыте?

### Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующее:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов и построением пьезометрической линии для одного из опытов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на вопросы: 1, 2, 3, 4. Так же следует указать, каким был угол открытия ***пробкового крана*** в 1 и 2 опытах, как изменилось значение коэффициента сопротивления крана при изменении угла. Сравнить экспериментальные значения коэффициента с табличными (таб. 4.1). Если по таблице интерполирование значения коэффициента $\zeta_{кр}$ не дает достаточной точности, то значение коэффициента $\zeta_{кр}$ требуется найти по графику (рис. 4.3).

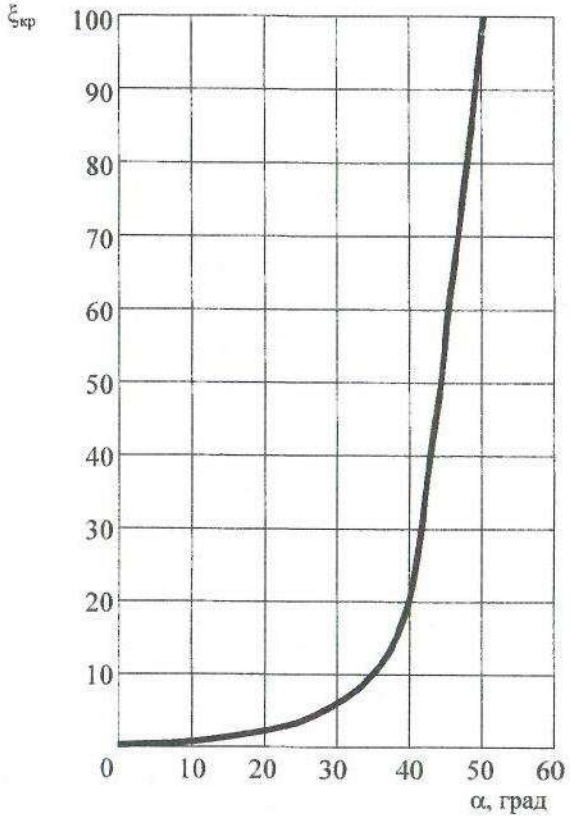



Рис. 4.3. График зависимости коэффициента сопротивления пробкового крана от угла поворота



*Лабораторная работа №5*

# Истечение жидкости через отверстия и насадки

## 5.1. Теоретические положения

В инженерной практике часто приходится встречаться с явлниями истечения жидкости через отверстия различной формы и через насадки - короткие патрубки разной конфигурации длиной $(3\div5)\mathbf{d}_{отв}$ (диаметров отверстий), к которым они присоединены. Через отверстия и насадки происходит перетекание жидкости из одного резервуара в другой, опорожнение резервуаров. Насадки и их комбинации являются конструктивными элементами различных аппаратов и устройств.

Отверстия различают малые и большие, в тонкой или толстой стенке. Истечение может происходить при постоянном или переменном напоре.

Насадки по форме патрубка могут быть цилиндрические (внутренние и внешние), конические (сходящиеся и расходящиеся) и коноидальные, выполненные по форме выходящей струи.

Отверстие можно считать малым, если его высота не превышает 0,1H. При этом условии скорость в точках сжатого сечения (на расстоянии полудиаметра, рис.5.1) практически одинакова и может быть определена по формуле

$$\mathbf{v} = \varphi\sqrt{\mathbf{2gH}}\ , \qquad (5.1)$$

где **H** – напор над центром тяжести отверстия;

φ - коэффициент скорости, которым учитываются потери энергии на формирование струи, выходящей из отверстия с коэффициентом местного сопротивления $\zeta_{отв}$,

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta_{отв}}} \qquad (5.2)$$

$\alpha$ - коэффициент Кориолиса, $\alpha = 1$ при турбулентном режиме.

Площадь сжатого сечения струи определяется через площадь отверстия $\omega$ и коэффициент сжатия $\varepsilon$: $\omega_{сж} = \varepsilon\omega$, тогда $\varepsilon = \omega_{сж}/\omega$ и для круглого отверстия

$$\varepsilon = d_{сж}^2/d^2 \ . \qquad (5.3)$$

При установившимся движении пропускная способность **Q** (расход) малых отверстий и насадков вычисляется по зависимости:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gH}\ , \qquad (5.4)$$

в которой $\mu$ – коэффициент расхода, связанный с остальными коэффициентами соотношением

$$\mu = \varepsilon\varphi. \qquad (5.5)$$

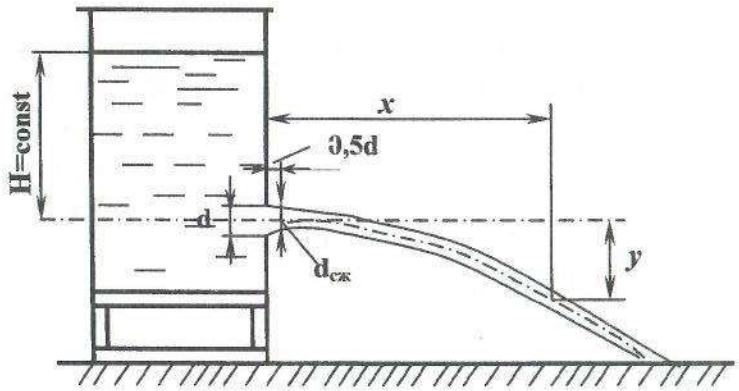



Рис.5.1. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке

Коэффициенты истечений $\zeta_{отв}$, $\varepsilon$, $\varphi$, $\mu$ зависят от формы отверстий и насадков, характера обработки кромок отверстия, от полноты и совершенства сжатия струи, а для конических насадков – от угла конусности. Для некоторых видов отверстий и насадков значения коэффициентов приведены в табл.5.1.



Таблица 5.1

**Коэффициенты скорости, сжатия струи и расхода**

| Вид конструктивного элемента | $\varphi$ | $\varepsilon$ | $\mu$ |
|---|---|---|---|
| Круглое отверстие в тонкой стенке с полным совершенным сжатием | 0,97 | 0,64 | 0,62 |
| Внешний цилиндрический насадок | 0,82 | 1,00 | 0,82 |
| Конический сходящийся насадок с углом конусности $13^{\circ}24'$ | 0.96 | 0.98 | 0,94 |
| Конический расходящийся насадок с углом конусности $7^{\circ}$ | 0,50 | 1,00 | 0,50 |

Явление сжатия струи весьма сложно: форма поперечного сечения струи изменяется по сравнению с формой сечения струи в самом отверстии. Это явление называется ***инверсией струй***. Так, при вытекании жидкости из круглого отверстия струя имеет в сжатом сечении форму эллипса; из квадратного - форму креста; из треугольного - форму буквы $\gamma$.

Для вывода формул опытного определения коэффициентов истечения рассматривается свободное истечение струи через малое отверстие в тонкой стенке с полным совершенным сжатием. Траектория струи имеет форму параболы (рис.5.1). Координаты траектории струи можно получить, допустив, что каждая частица струи движется, как свободная материальная точка, на которую действует только сила тяжести.

Тогда горизонтальное перемещение равно $x = vt$,

вертикальное – $y = gt^2/2$.

Исключив **t**, выразим скорость через координаты $x$ и $y$

$\mathbf{v = x\sqrt{g/(2y)}}$. Приравнивая полученное выражение к скорости по формуле (5.1), получим

$$\varphi = \frac{x}{2\sqrt{yH}} \qquad (5.6)$$

Отличительной особенностью истечения жидкости через гидравлические насадки является образование сжатого сечения внутри насадка на расстоянии **0,5d** и возникновение вакуума в области сжатия струи. Сужаясь на входе в насадок, как при истечении через отверстие, струя жидкости затем расширяется, заполняя все сечение. Сжатие струи отсутствует в коноидальном насадке, форма которого очерчена по форме вытекающей струи.

Наличие вакуума внутри насадка, присоединенного к отверстию, способствует дополнительному подсосу жидкости и увеличению пропускной способности отверстия, т.к. для насадка действующий напор увеличивается. Он складывается из пьезометрического (**H**) и вакуумметрического ($\mathbf{H_{вак}}$) напоров. Для насадков величина вакуума составляет: цилиндрический ≈ **0,75H**; конический сходящийся ≈ **0,8H**; конический расходящийся ≈ **0,85H**.

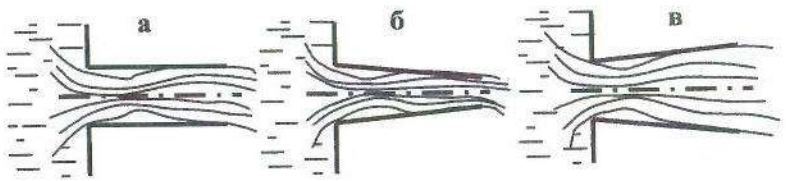



Рис.5.2. Истечение жидкости через насадки
**а** - внешний цилиндрический насадок, **б** - конический сходящийся насадок, **в** - конический расходящийся насадок

Особенности истечения жидкости через насадки – наличие вакуума - учитываются величиной коэффициентов скорости φ, сжатия ε и расхода μ (табл.5.1).



## 5.2. Выполнение лабораторной работы

### 5.2.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является экспериментальное изучение процесса истечения жидкости через малое отверстие в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре с определением коэффициентов скорости, сжатия и расхода.

### 5.2.2. Описание лабораторной установки

Установка для проведения лабораторных работ (рис.5.3) по изучению истечения жидкости через отверстия и насадки состоит из металлического напорного бака **1**, на торцевой стенке которого имеются малое отверстие в тонкой стенке **2** и гидравлические насадки: внешний цилиндрический **3**, конический расходящийся **4** и конический сходящийся **5**. Краном **6** регулируется поступление воды в бак и поддерживается постоянный действующий напор **H** при проведении эксперимента. Напор **H** на уровне оси отверстия измеряется с помощью пьезометра **7**. Подвижным координатником **8** измеряются координаты (**x**, **y**) вытекающей струи. Расход жидкости определяется объемным методом по установленному объему и времени заполнения его в подвижном мерном баке **9**. Кран **10** служит для выпуска воздуха из бака **1** при заполнении его водой. При помощи клапанов **11** осуществляется открытие отверстия и насадков. Для гидравлических насадков величина вакуума определяется с помощью U -образного вакуумметра **12**.

### 5.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. С помощью штангенциркуля проводятся замеры геометрических размеров отверстия и насадков, а именно, внутреннего диаметра. Линейкой замеряется координата *y* на подвижном координатнике **8**. Это расстояние от оси отверстия до натянутой нити в координатнике.

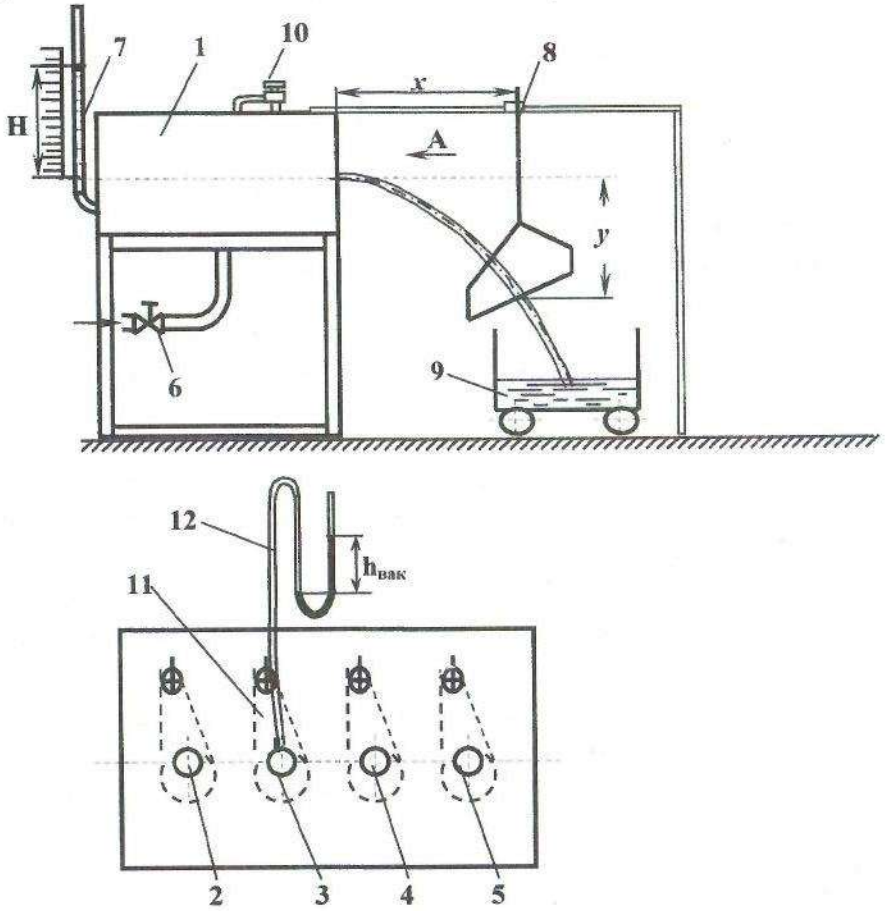



Рис.5.3. Схема установки для изучения истечения жидкости через отверстие и насадки

Данные вносятся в табл. 5.2 для отверстия или в табл. 5.3 для насадков.

2. Открывается регулировочный кран **6.** Заполняется напорный бак **1** и устанавливается некоторый действующий напор **H**. При заполнении напорного бака установка освобождается от воздуха путем открытия крана **10**.



3. Поворотом клапана **11** открывается малое отверстие или один из насадков в зависимости от цели эксперимента.

4. При помощи регулировочного вентиля **6** устанавливается постоянный действующий напор **H**, который фиксируется по пьезометру (**7**).

5. Производится визуальное наблюдение за характером истечения жидкости, видом вытекающей струи, ее траекторией. Для малого отверстия наблюдается явление инверсии струи.

6. Одновременно измеряются и записываются следующие параметры: действующий напор **H** по пьезометру **7**; время **t** наполнения установленного объема жидкости в подвижном баке, принимающем вытекающую струю; координата ***x*** траектории вытекающей струи, при этом натянутая нить координатника **8** должна быть установлена по оси струи; диаметр струи в сжатом сечении $d_{сж}$ на расстоянии **0,5d** от входа в отверстие.

Все данные вносятся в соответствующие таблицы: табл. 5.2 или табл. 5.3.

7. При истечении жидкости через насадки замеряется величина вакуума с помощью U - образного вакуумметра **9**, заполненного жидкостью, плотность которой больше плотности воды, например, четыреххлористым углеродом $CCl_4$ или ртутью.

В табл. 5.3 вносится величина $h_{вак}$,, равная высоте столба жидкости в U - образном манометре и соответствующая вакууму.

При проведении опытов с насадками наличие вакуума можно наглядно продемонстрировать следующим образом: на расстоянии **0,5d** в месте сжатия струи и возникновения вакуума выводится штуцер, на который одевается резиновая трубка с зажимом, трубка опускается в сосуд с подкрашенной жидкостью. При открытии зажима подкрашенная жидкость вследствие вакуума всасывается в насадок, и струя, выходящая из насадка, окрашивается.

8. В конце опыта закрывается клапан **11**, а по окончании всех опытов закрывается кран **6** на трубе, подающей воду в напорный бак **1**. Затем выпускается вода из напорного бака.

Таблица 5.2

Истечение жидкости через малое отверстие

| Наименование параметров | № опыта | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Диаметр отверстия **d** ,см | | | | | |
| 2. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$ | | | | | |
| 3. Действующий напор **H**, см | | | | | |
| 4. Объем воды в мерной емкости **W**, $см^3$ | | | | | |
| 5. Время наполнения принятого объема **t**, с | | | | | |
| 6. Объемный расход воды **Q**, $см^3/с$ | | | | | |
| 7. Коэффициент расхода **μ** | | | | | |
| 8. Координата траектории струи **x**, см | | | | | |
| 9. Координата траектории струи **y**, см | | | | | |
| 10. Коэффициент скорости **φ** | | | | | |
| 11. Коэффициент сжатия **ε** | | | | | |
| 12. Диаметр струи в сжатом сечении $d_{сж}$, см | | | | | |
| 13. Опытное значение коэффициента сжатия $ε_{оп}$ | | | | | |



Таблица 5.3

Истечение жидкости через гидравлические насадки

| Наименование параметров | Цилиндрический насадок | | Конический расходящийся насадок | | Конический сходящийся насадок | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Опыты | | Опыты | | Опыты | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1. Диаметр насадка **d** ,см | | | | | | |
| 2. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$ | | | | | | |
| 3. Действующий напор **H**, см | | | | | | |
| 4. Показание вакуометра $h_{вак}$, см | | | | | | |
| 5. Вакуумметрический напор $H_{вак}$, см вод. ст. | | | | | | |
| 6. Расчетный напор $H_{расч}=H+H_{вак}$, см | | | | | | |
| 7. Объем воды в мерной емкости **W**, $см^3$ | | | | | | |
| 8. Время наполнения принятого объема **t**, с | | | | | | |
| 9. Объемный расход воды **Q**, $см^3/с$ | | | | | | |
| 10. Коэффициент расхода **μ** | | | | | | |
| 11. Координата траектории струи **x**, см | | | | | | |
| 12. Координата траектории струи **y**, см | | | | | | |
| 13. Коэффициент скорости **φ** | | | | | | |
| 14. Коэффициент сжатия **ε** | | | | | | |

### 5.2.4. Обработка экспериментальных данных

Для удобства вычислений линейную размерность следует принять в см, поэтому ускорение $g = 981$ см/с$^2$.

До начала обработки экспериментальных данных следует проверить, чтобы в табл.5.2 или табл. 5.3 были внесены следующие величины, полученные в результате измерений:

**d** - диаметр отверстия или насадков;

**H** - действующий напор;

**W** - объем воды в мерной емкости;

**t** – время заполнения фиксированного объема воды;

***x*** и ***y*** - координаты вытекающей струи;

$\mathbf{d_{сж}}$ - диаметр сжатого сечения струи для малого отверстия;

$\mathbf{h_{вак}}$ - показание вакуумметра для насадков.

При обработке опытных данных следует вычислить следующие параметры и внести их в соответствующую таблицу.

1. Площадь живого сечения $\omega = \pi d^2 / 4$.
2. Объемный расход воды $Q = W / t$.
3. Коэффициент расхода $\mu = Q / \omega\sqrt{2gH}$. (5.6)
4. Коэффициент скорости, определяется по формуле 5.2

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta_{отв}}}.$$

5. Значение коэффициента сжатия ε определяется, исходя из величины коэффициентов расхода μ и скорости φ согласно формуле 5.5:

$$\varepsilon = \mu / \varphi.$$

6. Опытное значение коэффициента сжатия ($\varepsilon_{оп}$) можно получить путём геометрических замеров диаметра отверстия и диаметра струи в сжатом сечении и рассчитать по формуле 5.3: $\varepsilon = d_{сж}^2 / d^2$.



7. Величину вакуумметрического напора в гидравлических насадках рассчитываем в см вод. ст., исходя из следующих рассуждений. Вакуумметрическое давление внутри насадка определяется по зависимости:

$$p_{вак} = \rho_ж g h_{вак}, \quad (5.7)$$

где $\rho_ж$ – плотность жидкости в приборе (уточняется у преподавателя);

$\mathbf{h_{вак}}$- показание U-образного вакуумметра.

Вакуумметрический напор внутри насадка в см вод.ст. найдется из соотношения

$$H_{вак}\,(\text{см вод.ст.}) = p_{вак}/\rho_{воды} g = \rho_ж h_{вак} / \rho_{воды}. \quad (5.8)$$

Показание $\mathbf{h_{вак}}$ U-образного манометра следует снимать в см.

Закончив обработку экспериментальных данных, следует проанализировать полученные величины коэффициентов расхода, скорости и сжатия и сравнить их с табличными значениями, приведенными в табл. 5.1.

### 5.2.5. Вопросы для самопроверки и составления вывода по работе

1. Какое отверстие называется малым отверстием в тонкой стенке?
2. Какое явление называется инверсией струи?
3. Что такое гидравлический насадок? Классификация насадков.
4. Приведите расчетную формулу пропускной способности **Q**, (расхода) для отверстий и насадков.
5. Каковы особенности истечения жидкости через насадки?
6. Как влияет возникновение вакуума в насадке на величину расхода?
7. Какими коэффициентами характеризуется процесс истечения через отверстия и насадки? От чего зависит величина этих коэффициентов?
8. Опишите принцип действия лабораторной установки для изучения процесса истечения жидкости через отверстия и насадки.
9. Какие показания снимаются в процессе проведения лабораторной работы?

10. Какие параметры и коэффициенты рассчитываются, исходя из опытных данных?

11. Приведите примеры области применения отверстий и насадков.

### Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующее:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых должны быть сформулированы цели и задачи эксперимента, описан процесс истечения жидкости через отверстие и особенности истечения через насадки. Провести сравнение опытных и табличных значений характеристических коэффициентов скорости, сжатия и расхода, дана оценка проведенным опытам.



## *Лабораторная работа № 6*

# Определение эквивалентной шероховатости трубопровода

### 6.1. Теоретические положения

При движении жидкости в напорном трубопроводе потери напора по длине трубы постоянного сечения зависят от геометрических размеров трубопровода $l$, $d$, скоростного напора $v^2/(2g)$ и коэффициента гидравлического трения $\lambda$ и рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха:.

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}.$$

Как известно (см. лабораторную работу №3), коэффициент Дарси $\lambda$ в общем случае является функцией числа Рейнольдса и шероховатости $\lambda = f(Re, \Delta/d)$. Движение воды в технических трубопроводах чаще всего происходит при турбулентном режиме, так как ламинарный режим в них весьма неустойчив. При турбулентном режиме определение коэффициента Дарси обусловлено областью (зоной) сопротивления. Понятие области сопротивления связано с шероховатостью и толщиной образующегося у стенки трубопровода пограничного слоя (или подслоя), называемого вязким (ранее – ламинарным) пристенным слоем, толщину которого можно оценить по формуле (3.5)

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}.$$

Данный слой характеризуется малыми скоростями движения жидкости, и его толщина влияет на характер трения при турбулентном режиме и на общий закон сопротивления (3.3)

$$I = \frac{h_l}{l} = av^n,$$

в связи с которым выделено 3 зоны сопротивления турбулентного режима.

***Область гидравлически гладких труб***. Это такое условие движения жидкости, когда толщина пограничного слоя больше высоты выступов абсолютной шероховатости, и она не влияет на величину коэффициента Дарси.

Согласно формуле (3.5) с увеличением числа **Re** толщина пограничного слоя $\delta$ уменьшается, происходит разрыв его выступами шероховатости. На величину коэффициента $\lambda$ начинает влиять как число Рейнольдса, так и шероховатость трубы. Течение вдоль ***гидравлически шероховатых стенок,*** когда с возрастанием числа Рейнольдса толщина вязкого слоя уменьшается и при достижении определенного значения ($\mathbf{Re = 20\,d / \Delta_э}$), становится меньше абсолютной шероховатости, делится на 2 зоны.

***Область доквадратичного сопротивления.*** Исследования показали, что потери по длине в этом случае пропорциональны скорости в степени $\mathbf{1{,}75<n<2{,}0}$. Значения коэффициента $\lambda$ для технических труб с неравномерной шероховатостью определяются по формуле А.Д. Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_э}{d}\right)^{0.25}. \qquad (3.9)$$

***Область квадратичного сопротивления***. Для неравномерной шероховатости в технических трубах предельное значение числа Рейнольдса, при котором начинает действовать квадратичный закон сопротивления, можно с точностью до 5% принять $\mathbf{Re = 500d / \Delta_э}$. В этом случае коэффициент сопротивления является функцией только шероховатости и не зависит от числа **Re** . Для зоны квадратичного сопротивления существует ряд формул для расчёта коэффициента $\lambda$, например, Б.Л. Шифринсона (3.12)

$$\lambda = 0{,}11(\Delta_э/d)^{0{,}25}.$$



Обычно естественная действительная неравномерная шероховатость имеет многообразные нерегулярные формы (рис.3.1, а, б) и установить ее среднее значение невозможно. Поэтому параметр шероховатости вводится как условная величина - ***гидравлически эквивалентная шероховатость*** $\Delta_э$ (рис.3.1 в). Это - равномерно зернистая условная шероховатость, которая определяется путем измерения сопротивления. Она зависит:

- от материала и способа производства труб (например, чугунные трубы изготовленные центробежным литьем более гладкие, чем сварные); трубы, изготовленные одним и тем же способом, имеют одинаковую эквивалентную шероховатость независимо от диаметра;
- от свойства жидкости, протекающей по трубе; влияние жидкости на внутреннюю поверхность трубы может проявиться в виде коррозии стенок, образовании наростов и осадка;
- от продолжительности эксплуатации труб.

Рекомендации по величине $\Delta_э$ можно найти в справочной литературе (например, И.Е. Идельчик "Справочник по гидравлическим сопротивлениям) для различного вида труб, как металлических – стальных, чугунных, так и бетонных, асбестоцементных, деревянных, фанерных, стеклянных и т.д. Весьма важно уметь определять $\Delta_э$ опытным путем.

## 6.2 Выполнение лабораторной работы

### 6.2.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является определение эквивалентной шероховатости трубы.

Так как лабораторная работа выполняется на установке, схема которой представлена на рис. 3.3, и для расчета $\Delta_э$ необходимо определить коэффициент Дарси, то описание лабораторной установки и выполнение

эксперимента следует смотреть в разделах **3.2.2** и **3.2.3**. Исходные, экспериментальные и расчетные данные заносятся в таблицу 6.1.

### 6.2.2.Обработка результатов лабораторной работы.

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2.выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются потери напора:

$$h_l = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g).$$

6. Рассчитывается опытное значение коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda_{оп} = \frac{2gdh_l}{lv^2}.$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}.$$

8. Вычисляется значение эквивалентной шероховатости Δ, по зависимости, полученной из формулы Альтшуля:

$$\Delta_э = d\left[\left(\frac{\lambda}{0{,}11}\right)^4 - \frac{68}{Re}\right]. \qquad (6.1)$$

9. Определяется по формуле (3.5) толщина пристенного вязкого слоя

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}.$$

10. По соотношению $\Delta_э$ и δ выясняется область сопротивления турбулентного режима.



### 6.2.3. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Какие потери напора называются потерями по длине? Расчётная формула потерь по длине.

2. Функцией каких параметров является коэффициент сопротивления λ?

3. Что лежит в основе методики выбора расчётной зависимости коэффициента λ?

4. Какие области сопротивления различают при турбулентном режиме?

5. От чего зависит коэффициент гидравлического трения в каждой области сопротивления?

6. Каковы расчётные формулы коэффициента λ для каждой области сопротивления при турбулентном режиме?

7. Как экспериментально определяются потери напора по длине? Из каких частей состоит лабораторная установка для определения потерь по длине и эквивалентной шероховатости труб?

8. Как определяется расход воды в системе?

9. Как рассчитывается скорость воды в трубе

10. С какой целью определяется температура воды?

11. Как определяется режим движения воды? Каков он в опытах?

12. Как рассчитывается эквивалентная шероховатость?

13. Как определяется толщина вязкого слоя?

14. Какое заключение можно сделать из сравнения полученной эквивалентной шероховатости и толщины пограничного слоя?

Таблица 6.1

**Определение эквивалентной шероховатости**

| Наименование параметров | Номер опыта | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Диаметр трубы **d** ,см | | | | | | |
| 2. Длина рабочего участка *l*, см | | | | | | |
| 3. Площадь живого сечения **ω**, см$^2$ | | | | | | |
| 4. Температура воды **T**, °C | | | | | | |
| 5. Кинематический коэффициент вязкости воды **ν**, см$^2$/с | | | | | | |
| 6. Объём воды в мерном баке **W**,см$^3$ | | | | | | |
| 7. Время заполнения объёма **t**, с | | | | | | |
| 8. Расход воды **Q**, см$^3$/с | | | | | | |
| 9. Средняя скорость воды **v**, см/с | | | | | | |
| 10. Показание первого пьезометра $p_1/(\rho g)$, см | | | | | | |
| 11. Показание второго пьезометра $p_2/(\rho g)$, см | | | | | | |
| 12. Потери напора $h_l$, см | | | | | | |
| 13. Опытное значение коэффициента $\lambda_{оп}$ | | | | | | |
| 14. Число Рейнольдса **Re** | | | | | | |
| 15. Эквивалентная шероховатость $\Delta_э$, см | | | | | | |
| 17. Толщина вязкого слоя δ, см | | | | | | |
| 18. Область сопротивления | | | | | | |



## Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и включает в себя:

- краткие теоретические положения, где обязательно приводятся используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на следующие вопросы: 11,12, 13, 14.

## Список использованной литературы


1. ***Альтшуль А.Д.*** Гидравлические сопротивления. М.: Недра,1970.
2. ***Гейер В.Г., Дулин В.С.*** и др. Гидравлика и гидропривод. - М.: Недра, 1990.
3. ***Константинов Н.М.*** и др. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. - М.: Высшая школа, 1987.
4. ***Идельчик И.Е.*** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.:Машиностроение, 1992.
5. ***Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач.*** / под ред.С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. – М.: Машинотроение, 1984.
6. ***Чугаев Р.Р.*** Гидравлика (техническая механика жидкости). М.: Энергия, 1986

Татьяна Павловна Бебенина
Светлана Ивановна Часс
Наталья Владимировна Савинова

**Лабораторный практикум по гидродинамике**

Корректура кафедры технической механики
Подписано в печать 15.03.2004 г.
Бумага писчая. Формат 60x84 1/16.
Печ.л. 4,4. Уч.изд. л.3,89. Тираж 350 экз. Заказ №46

Издательство УГГГА
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

# Б1.В.04 ГИДРОМЕХАНИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Технической механики | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Волков Е.Б. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 15.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 25.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, зачет.

## ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Расчетно-графическая работа

Расчетно-графические работы выполняются по методической литературе, изданной кафедрой:

Часс С. И. [Текст]: Гидромеханика. Сборник задач. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 145 с.

Часс С. И. [Текст]: Гидравлика. Гидромеханика. Сборник задач и контрольных заданий. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 137 с.

Номера вариантов берутся по номеру в списке группы или назначаются преподавателем, номера заданий берутся по таблице.

Методические рекомендации для решения задач и примеры для самостоятельного решения приведены в учебных пособиях:

Бебенина Т.П: Гидромеханика: Конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.

Часс С. И.: Гидравлика, гидромеханика. Механика жидкости и газа. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 215 с.

### Тематика расчетно-графических работ:

1. Определение давления в точке жидкости, приборы для измерения давления. Гидростатический закон распределения давления, закон Паскаля.
2. Аналитический метод и графоаналитический метод определения силы на плоские поверхности.
3. Определение силы давления на криволинейные поверхности, закон Архимеда.
4. Ламинарный и турбулентный режимы движения, гидравлические сопротивления, расчет простых коротких трубопроводов.
5. Элементы расчетов сложных трубопроводных систем.

Для подготовки к практическим занятиям преподаватель может привлекать дополнительную литературу, а также раздаточный материал.

*Подготовка к контрольной работе* проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

**Контрольная работа № 1**

1.Дать понятие вязкости жидкости. Представить коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2.Представить давление $p$=720 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

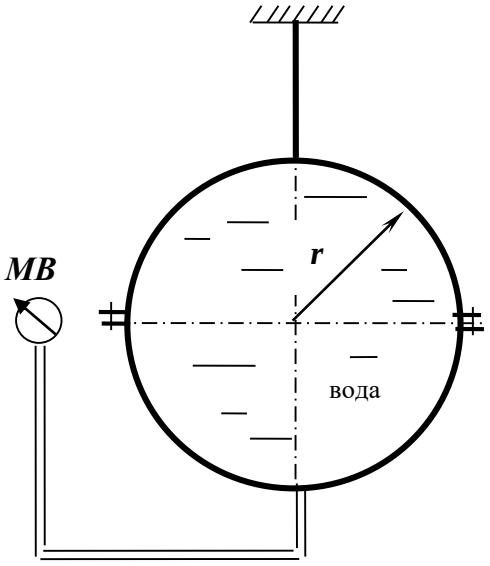
3.Определить какое давление – манометрическое или вакуум – показывает мановакуумметр, если абсолютное давление в измеряемой области равно 68 кПа. Величину давления представить в барах.

4.Определить давление в резервуаре, заполненном водой, на глубине $h$ = 1,2 м, если избыточное давление на поверхности жидкости $p_{изб}$=62 кПа.

5.Сформулировать закон Архимеда.

**Задача**

Шаровой сосуд радиусом $r$ = 0,4 м, заполненный водой, висит на тяге, прикрепленной к его верхней половине. Найти давление в центре сосуда (показание пружинного мановакуумметра ***МВ***), при котором нижнюю половину сосуда, имеющую силу тяжести $G$ =1500 Н, можно не закреплять. Каким должно быть показание прибора, если силу тяжести не учитывать?



## Контрольная работа № 2

1.Записать формулу связи коэффициентов вязкости: динамического $\mu$ и кинематического $\nu$.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 1,2 ат в единицах измерения системы СИ.

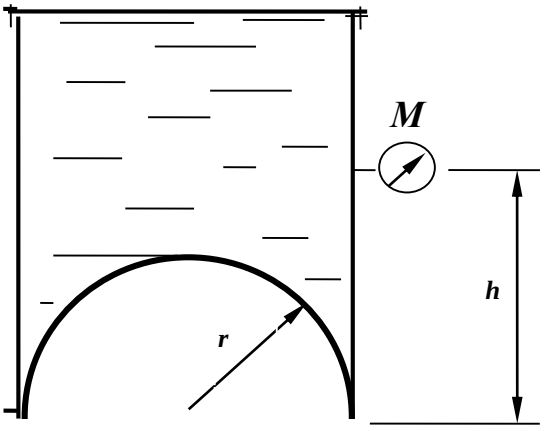
3.Определить абсолютное давление в резервуаре, заполненном воздухом, если показание вакуумметра, установленного на резервуаре, равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=0,6 ат.

4.Определить каким будет показание манометра (в бар), установленного на глубине $\boldsymbol{h}$ =1,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина $\rho_{б}$= 700 кг/м$^3$.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости.

## Задача

Определить силу давления воды на полусферическое дно резервуара радиуса $\boldsymbol{r}$ = 1 м, если показание манометра $\boldsymbol{M}$, установленного на расстоянии $\boldsymbol{h}$ = 1,3 м, равняется $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,2 бар.



**Контрольная работа № 3.**

1.Дать понятие физического свойства жидкости ***сжимаемость.***
Привести формулу коэффициента объемного сжатия.

2.Представить давление $p$ = 196 кПа в атмосферах технических (ат).

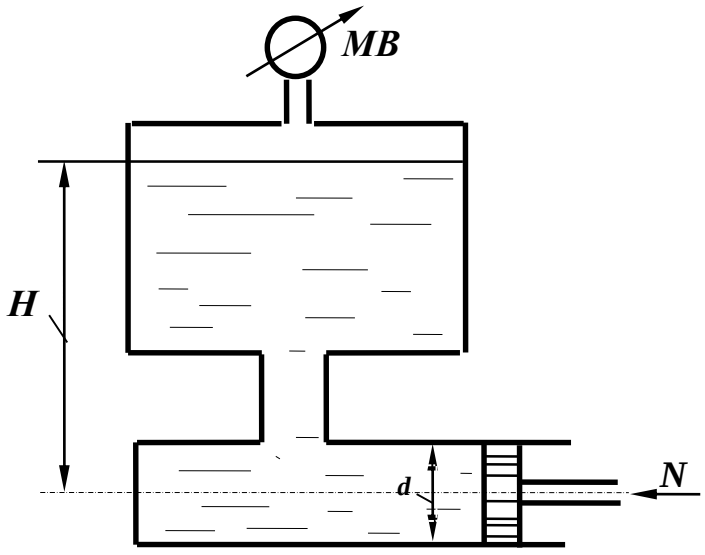
3.Манометрическое давление в измеряемой области равно $p_{ман}$ = 32 кПа. Записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Избыточное давление на поверхности масла в закрытом резервуаре равно $p_{изб}$= 0,13 ат. На какой глубине $h$ установлен манометр, если его показание равно $p_{ман}$= 0,31 ат; плотность масла $\rho_м$= 900 кг/м$^3$.

5.Записать гидростатический закон распределения давления.

**Задача**

Определить усилие $N$, которое надо приложить к штоку поршня для удержания его на месте, если показание мановакуумметра $p_{мв}$= 0,5 ати, диаметр штока $d$ = 100 мм, высота уровня масла над осью штока $H$ = 1,5 м, плотность масла $\rho_м$ = 800 кг/м$^3$.



**Контрольная работа № 4**

1.Дать понятие физического явления ***кавитация***.
2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 500 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

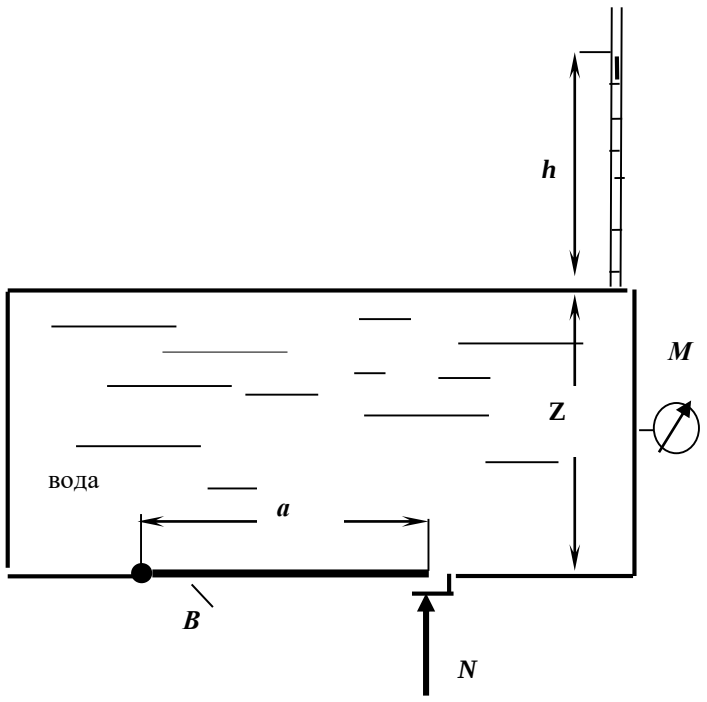
3.Вакуумметрическое давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=38 кПа, записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Определить, каким должно быть давление на поверхности масла закрытого резервуара, если показание манометра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 0,8 м равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Плотность масла принять равной $\rho_м$ =900 кг/м$^3$.

5.Сформулировать закон Паскаля.

***Задача***

Определить показание манометра ***M*** в центре боковой стенки резервуара с водой, а также усилие ***N***, приложенное к запорному устройству плоской квадратной крышки ***B*** при следующих данных: ***Z*** = 3 м; ***h*** = 2 м; ***a*** = 1 м.



## Контрольная работа № 5

1.Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления. Единицы измерения давления в системе СИ.

2.Представить давление $p$ = 200 мм рт. ст. в Па.

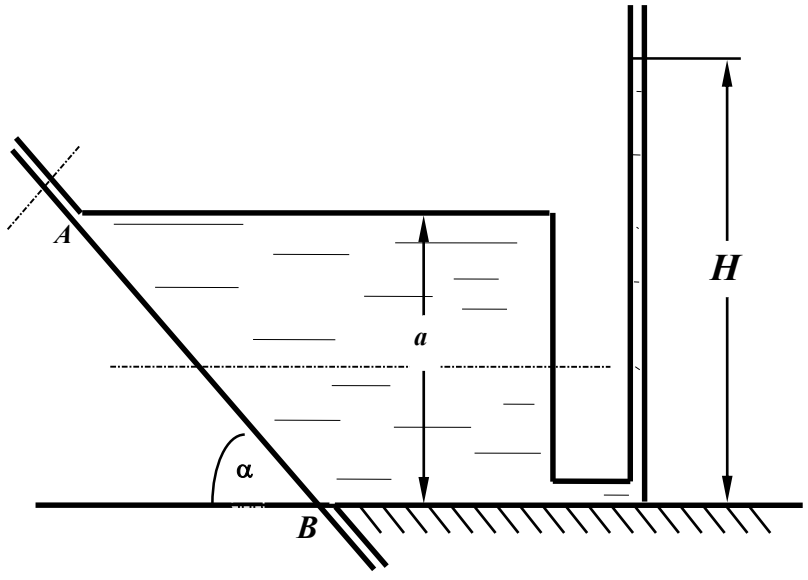
3.Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину, если абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,8 ат.

4.Определить, каким будет показание мановакуумметра на глубине $h$ = 2,2 м закрытого резервуара, заполненного водой, если на поверхности жидкости действует вакуумметрическое давление $p_{вак}$= 0,1 ат.

5.Дать определение свойства жидкости ***вязкость***.

## Задача

Определить силу давления на крышку маслобака ***AB***, если показание пьезометра $H$ = 400 мм, угол наклона крышки $\alpha$ = 45°. В сечении бак имеет форму квадрата со стороной $a$ = 200 мм. Плотность масла $\rho_м$ = 900 кг/м$^3$.



**Контрольная работа № 6**

1. Дать понятие плоскости уровня, представить уравнение плоскости уровня.

2. Представить перевод давления $p$ =1,2 ат в м вод.ст., в Па.

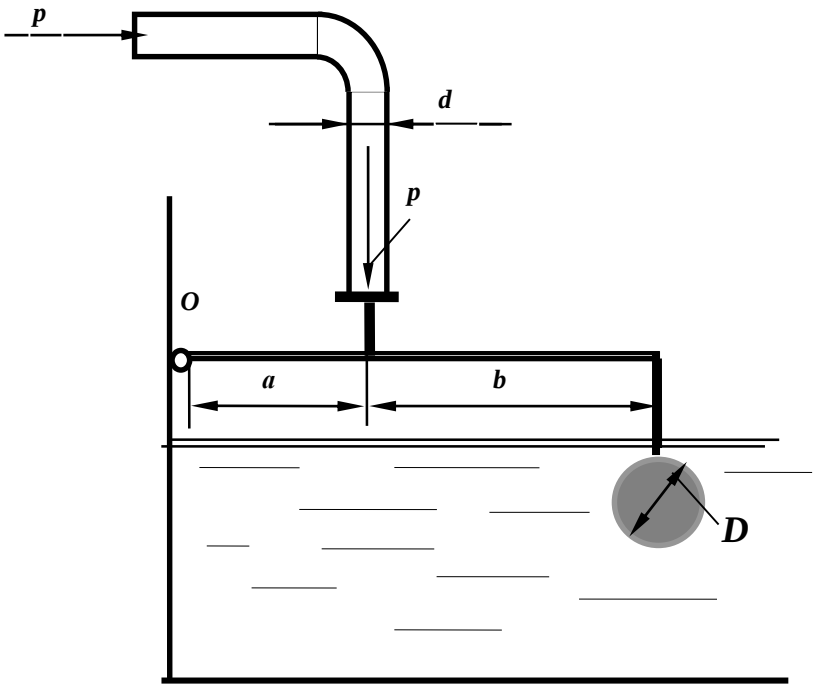
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 32 кПа.

4. Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,14 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_м$= 800 кг/м$^3$.

5. Нарисовать схему пьезометра для измерения абсолютного давления.

**Задача**

Вода, подаваемая под давлением $p$ = 2,5 ати по трубе $d$ = 150 мм, заполняет резервуар. Определить минимально необходимый диаметр $D$ шарообразного поплавка, обеспечивающий автоматическое закрытие клапана при наполнении резервуара, если: $a$ = 100 мм; $b$ = 500 мм. Собственным весом рычага, клапана и поплавка пренебречь



**Контрольная работа № 7**

1. Записать основное уравнение гидростатики, пояснить все входящие в него параметры.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 1,6 ат в единицах измерения системы СИ.

3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления при вакуумметрическом давлении $\boldsymbol{p}_{вак}$= 38 кПа.

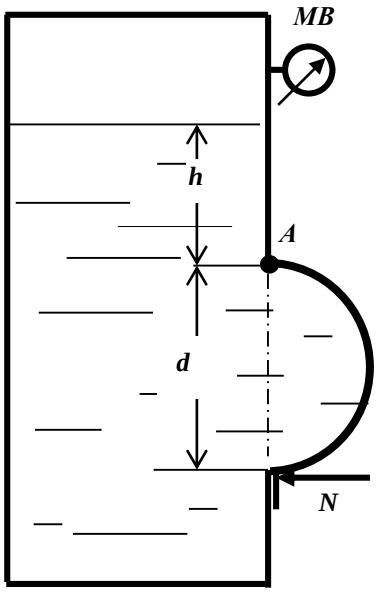
4. Показание манометра на определенной глубине открытого резервуара, заполненного бензином плотностью $\rho_{бен}$= 700 кг/м$^3$, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_{мас}$= 900 кг/м$^3$.

5. По какой формуле следует определять силу давления жидкости на плоскую стенку, если на свободной поверхности жидкости действует абсолютное давление $\boldsymbol{p_0}$ больше атмосферного, а не смоченная сторона стенки находится под атмосферным давлением?

**Задача**

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью $\rho$ = 846 кг/м$^3$. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси в точке ***A***. Пренебрегая силой тяжести крышки, определить усилие ***N***, которое нужно приложить к крышке, чтобы она не открывалась при следующих данных: $\boldsymbol{p_{MB}}$ = 11,4 кПа; ***d*** = 1 м; ***h*** = 1 м; ***b*** =1,2 м.

Размер ***b*** перпендикулярен плоскости чертежа.



## Контрольная работа № 8

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать определение геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ =196 кПа в технических атмосферах (ат).

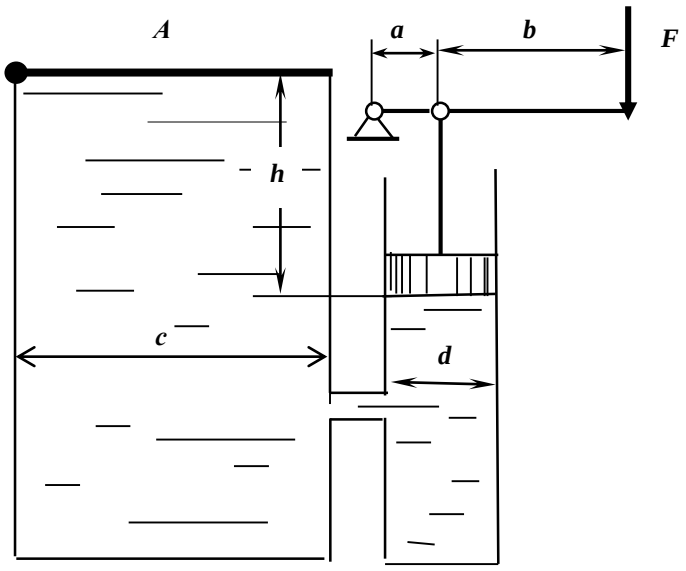
3.Определение абсолютного давления. Чему равно абсолютное давление при манометрическом давлении $\boldsymbol{p}_{ман}$= 62 кПа.

4.Показание манометра, установленного на закрытом резервуаре, заполненном маслом плотностью $\rho_{мас}$= 800 кг/м$^3$, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Рассчитать, какой должна быть высота уровня масла в пьезометре, выведенном на уровне установки манометра.

5.Дать понятие тела давления, на примерах пояснить различные тела давления.

### Задача

К рычагу гидроусилителя приложена сила $\boldsymbol{F}$. Определить силу давления жидкости с плотностью $\rho$ = 900 кг/м$^3$ на квадратную крышку $\boldsymbol{A}$ при следующих данных: $\boldsymbol{F}$ = 180 Н; $\boldsymbol{d}$ = 40 мм; $\boldsymbol{c}$ =1 м; $\boldsymbol{h}$ = 1 м; $\boldsymbol{a}$ = 10 мм; $\boldsymbol{b}$ =40 мм.



## Контрольная работа № 9

1.Понятие гидростатического давления. Расчетная формула давления. Единицы измерения давления.

2.Представить давление, равное $p$ = 12 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

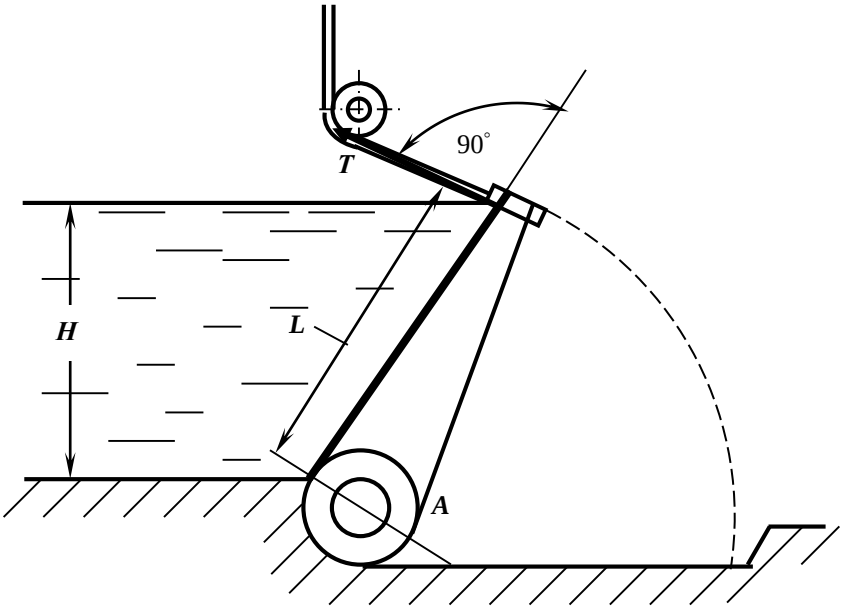
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,38 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать его величину в системе СИ.

4.Определить давление на поверхности жидкости закрытого резервуара, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине $h$ = 1,5 м равно $p$ = 100 мм рт.ст.

5.Какой зависимостью выражается гидростатический напор?

### Задача

Плоский прямоугольный затвор с размерами $L$ = 2,5 м и $B$ = 10 м создает подпор воды $H$ = 2,3 м. Затвор может вращаться относительно оси шарнира ***A.*** Определить силу натяжения троса $T$, удерживающую затвор в заданном положении. Размер $B$ перпендикулярен плоскости чертежа



## Контрольная работа № 10

1.Понятие физического свойства ***вязкость.*** Коэффициенты, характеризующие вязкость, единицы их измерения.

2.Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в мм рт.ст.

3.Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $\boldsymbol{p}_{\text{ман}}$= 0,8 ат.

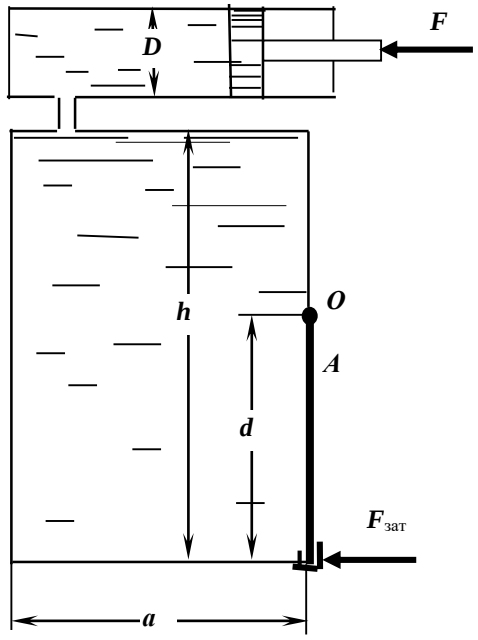
4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $\boldsymbol{p}_{\text{вак}}$= 0,6 ат. Установить, каким прибором следует измерить давление на глубине ***h*** = 1,5 м и рассчитать его величину.

5.Как расположена линия действия силы избыточного (весового) давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы?

### Задача

Жидкость в емкости «$a \cdot h$» нагревается до температуры 20ºС. Определить усилие ***F***, которое требуется приложить к поршню расширительного цилиндра диаметром ***D***, чтобы сохранился прежний объем жидкости?

Также найти усилие $\boldsymbol{F}_{\text{зат}}$, на которое должен быть рассчитан затвор круглой крышки диаметром ***d*** при следующих данных: плотность $\rho$ = 1000 кг/м$^3$, ***d*** =500 мм, ***D*** =260 мм, ***h*** = 2 м, ***a*** =1,5 м; $\beta_T$=150·10$^{-6}$1/град; $\beta_p$=0,5 ·10$^{-10}$Па$^{-1}$.



## Контрольная работа № 11

1. Понятие ***плоскости уровня***. Уравнение плоскости уровня. Значение параметров, входящих в уравнение.

2. Представить перевод давления $\boldsymbol{p}$ = 100 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

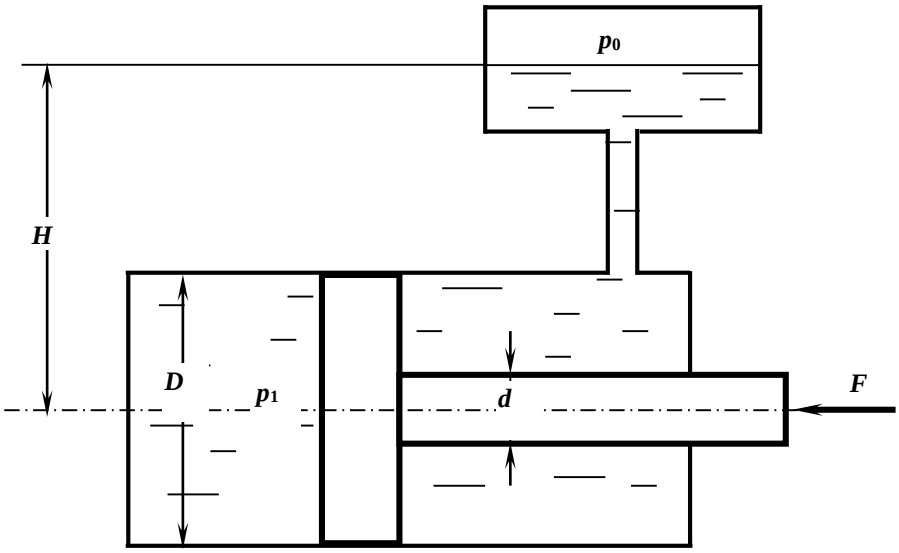
3. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,6 ат.

4. Вакуумметрическое давление на поверхности закрытого резервуара равно $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,1 ат. Установить каким прибором следует измерить давление на глубине $\boldsymbol{h}$ = 3,0 м и рассчитать его величину.

5. Размерность кинематического коэффициента вязкости в системе СИ

## Задача

Определить давление жидкости $\boldsymbol{p}_1$ в гидроцилиндре, необходимое для преодоления усилия на штоке $\boldsymbol{F}$ при следующих данных: $\boldsymbol{F}$ = 10 кН; диаметр поршня $\boldsymbol{D}$ =160 мм; диаметр штока $\boldsymbol{d}$ = 80 мм; $\boldsymbol{p}_0$ = 20 кПа, $\boldsymbol{H}$ = 10 м; $\rho$ =900 кг/м$^3$.



## Контрольная работа № 12

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать понятие геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление $p$ = 68 кПа в м вод. ст.

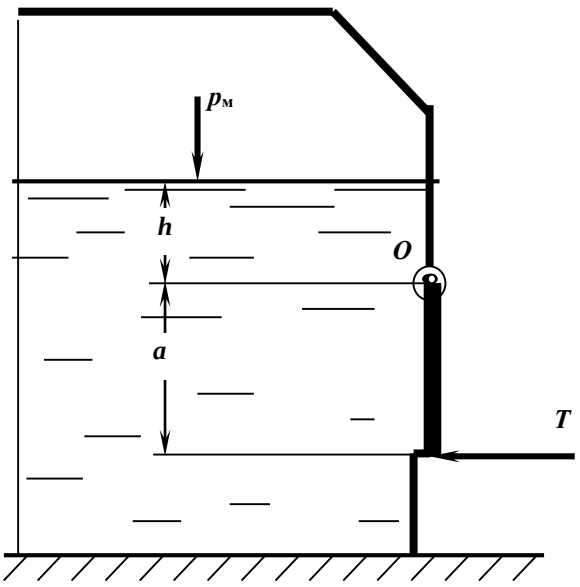
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =198 кПа. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления и рассчитать показание этого прибора.

4.Показание манометра на глубине $h$ =1,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,121 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м$^3$.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

### Задача

Усилие $T$ удерживает плоскую квадратную крышку со стороной $a$ в закрытом положении. Определить предельно допустимое значение избыточного давления над уровнем жидкости $p_м$, при котором крышка остается в закрытом положении, при следующих данных: $T$ = 2100 Н, $a$ = 50 см, $h$ = 2 м, $\rho$ =1000 кг/м$^3$.



**Контрольная работа № 13**

1. Понятие физического свойства жидкости ***капиллярность***.

2. Представить давление $p$ = 300 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

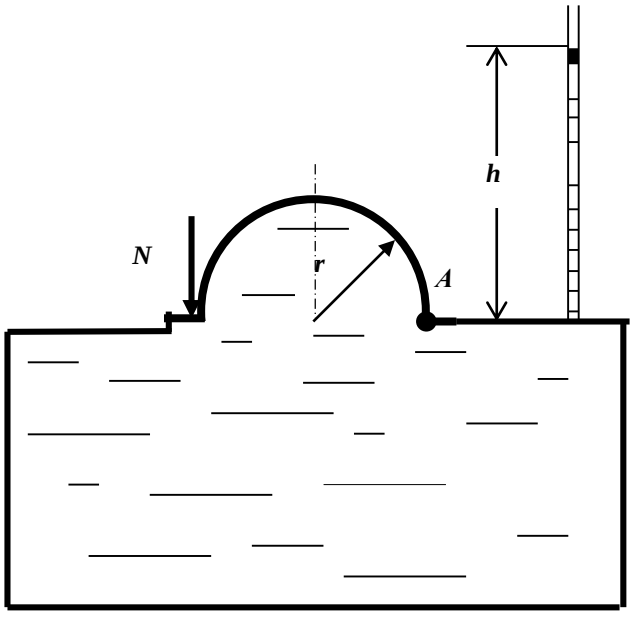
3. Показание манометра в измеряемой области равно $p_{ман}$= 0,12 ат. Представить расчет абсолютного давления в этой области и его величину в системе СИ.

4. В закрытом резервуаре, заполненном бензином, показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению: $\rho_б$=700 кг/м$^3$.

5. Каковы единица измерения ***динамической вязкости*** ?

**Задача**

Определить усилие $N$, которое нужно приложить к цилиндрическому затвору, установленному на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: $h$ = 1м, $r$ = 0,2 м. Затвор поворачивается вокруг шарнира в точке $A$.



**Контрольная работа № 14**

1. Представить ***основное уравнение гидростатики***, дать определение, пояснить значение входящих параметров.

2. Представить давление $p$ = 730 мм рт.ст. в ат.

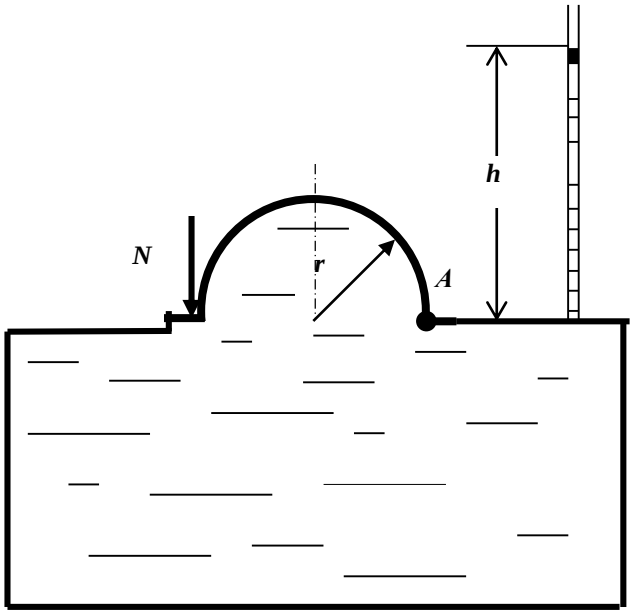
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 68 кПа. Определить, каким будет показание мановакуумметра, установленного в этой области, и величину давления.

4. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность масла принять $\rho_м$ = 800 кг/м$^3$.

5. Дать определение свойства жидкости ***сжимаемость.***

**Задача**

Запорное устройство полусферической крышки радиусом $r$ рассчитано на усилие $N$. Определить показание манометра в центре боковой стенки при максимально допустимом давлении в жидкости плотностью $\rho$ = 900 кг/м$^3$: $N$ = 90 кН, $a$ =3 м, $r$ =0,4 м.



**Контрольная работа № 15**

1.Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2.Показание манометра на глубине $h$ =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м$^3$.

3.Определить показание механического вакуумметра (в ат), установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

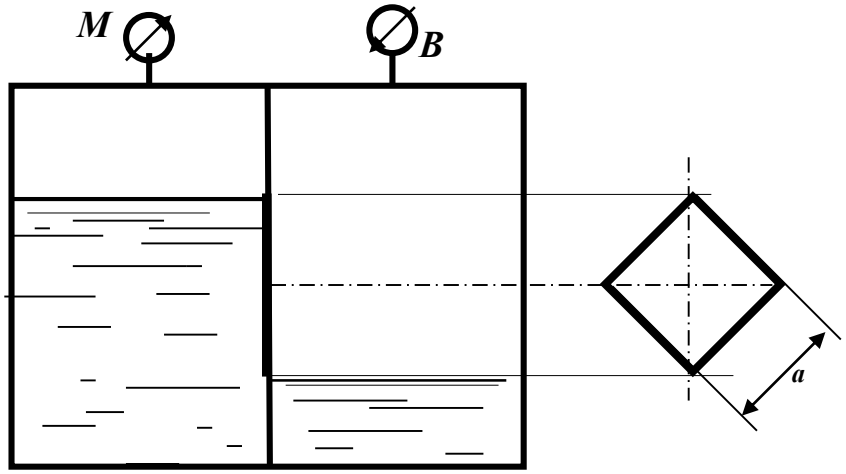
4.В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5.Какие силы действуют в жидкости?

**Задача**

Замкнутый резервуар с нефтью ($\rho$ =900 кг/м$^3$) разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной $a$ = 1 м. Давление над нефтью в левой части резервуара определяется показанием манометра $p_M$= 0,15 ат, а в правой – показанием вакуумметра $p_B$= 0,2 ат.

Найти величину силы давления, действующей на крышку, закрывающую отверстие в перегородке, и точку ее приложения.



## Контрольная работа № 16

1. Какое движение жидкости называется установившимся?

2. Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом $Q$ = 2,0 л/с при скорости $V$= 1,0 м/с.

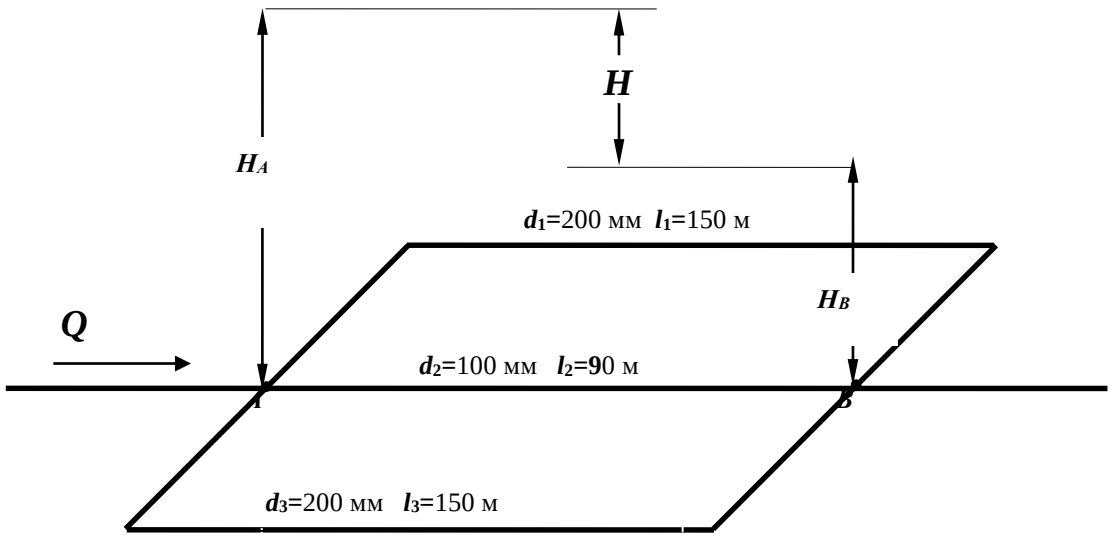
3. Рассчитать коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{вент}$, если потери напора в нем составляют $h_{вент}$= 0,25 м при скорости $V$= 0,5 м/с.

4. Записать уравнение Бернулли для целого потока реальной жидкости, представить диаграмму уравнения.

5. Определить режим движения жидкости в трубе $d$ = 100 мм, шероховатостью $\Delta$ = 0,05 мм при скорости движения $V$ = 0,21 м/с. Коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu$ = $0{,}7 \times 10^{-6}$ м$^2$/с. Для турбулентного режима проверить область сопротивления.

### Задача

Определить расход воды, подводимый к системе параллельно соединенных труб, если действующий напор $H$=10 м. Трубы стальные, новые. Местными потерями пренебречь.



**Контрольная работа № 17**

1.Какое движение жидкости называется равномерным?

2.Определить скорость движения воды в трубе диаметром $d_1$ = 50 мм, если при постоянном расходе скорость в трубе $d_2$= 100 мм равна $V_2$ = 1,0 м/с.

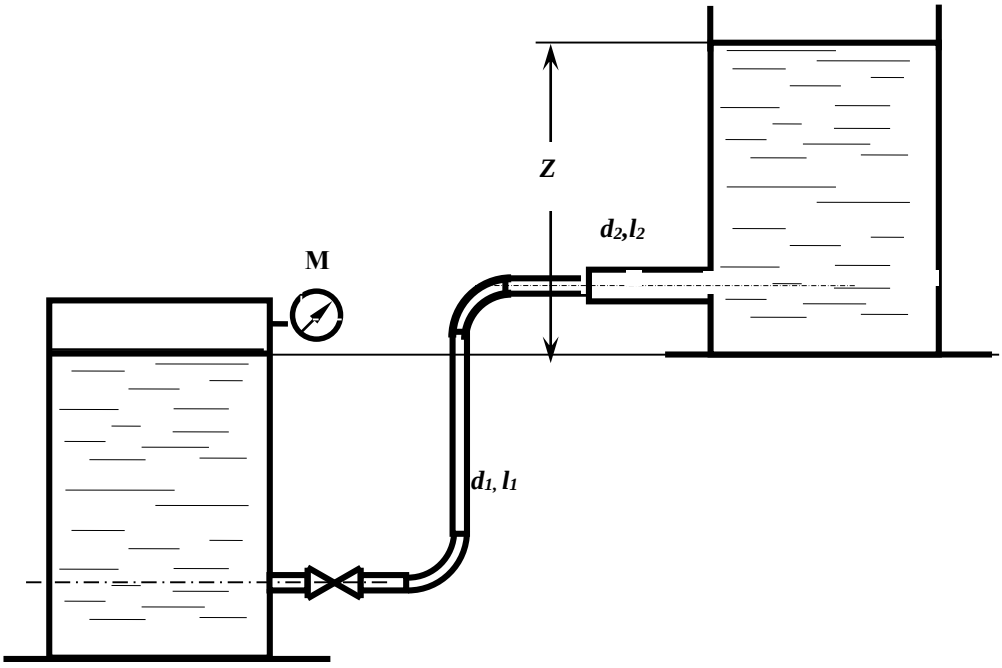
3.Геометрический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Диаграмма уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 17,0, а скорость движения воды $V$ = 1,2 м/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу $d$=200 мм и длиной $l$=1500 м при скорости потока $V$=13,1 см/с и температуре $10^0$С ($\nu$=0,0131 см$^2$/с). Трубы стальные, новые ($\Delta$=0,05мм).

**Задача**

**Определить максимально возможную высоту наполнения верхнего резервуара $Z$ из нижней емкости при расходе воды $Q$ = 8 л/с по двум коротким трубам $d_1$= 100 мм, $l_1$= 40 м, $d_2$ = 150 м, $l_2$ = 60 м при показании манометра $p_м$ = 50 кПа; $\nu$ = 0,01 Ст; $\Delta$ = 0,1 мм; пробковый кран закрыт на 30$^o$.**



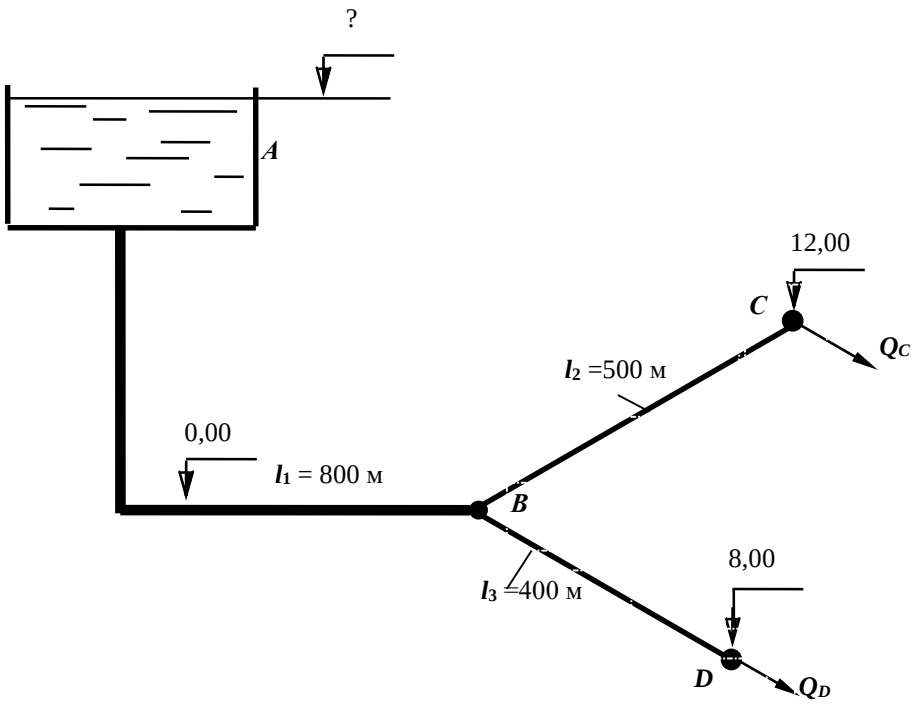
## Контрольная работа № 18

1.Какой трубопровод называется коротким?
2.Рассчитать расход воды в трубе $d$ = 100 мм при скорости $V$ =1,27 м/с.
3.Как экспериментально определяется скоростной напор и рассчитывается скорость в точке потока? Нарисовать схему прибора.
4.Какие гидравлические сопротивления называются местными? Привести расчетную формулу определения потерь напора в местных сопротивлениях.
5.Определить режим движения жидкости в трубе $d$ = 100 мм и шероховатостью Δ = 0,05 мм при пропускной способности Q = 1,6 л/с, если коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м$^2$/с. Для случая турбулентного режима движения установить область сопротивления.

### Задача

Из напорного бака ***A*** идет магистральный трубопровод длиной ***l*** =800 м.

В т.***B*** магистраль разделяется на две нитки: одна идет к пункту ***C***, где расходуется $\boldsymbol{Q}_C$ =11 л/с, другая –к пункту ***D***, где потребляется $\boldsymbol{Q}_D$ =95 л/с. Определить диаметры каждого участка и отметку уровня воды в баке, при условии, что $\boldsymbol{V} \leq$ 1,2 м/с.



## Контрольная работа № 19

1.От чего зависит величина коэффициента гидравлического трения в квадратичной области сопротивления турбулентного режима?

**2. Рассчитать диаметр трубы для пропуска расхода *Q* =2 л/с при скорости V =1,0 м/с.**

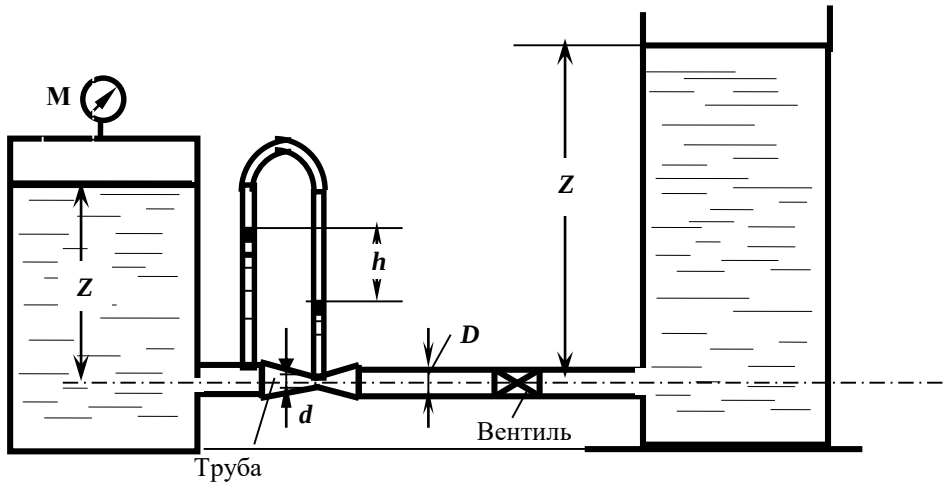
3.Каким прибором определяется полный напор в точке потока жидкости? Начертить схему прибора.

4.Какие внешние факторы вызывают потери напора по длине? Записать расчетные зависимости для определения этих потерь.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром ***d*** = 50 мм при расходе **Q** = 1,2 л/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м$^2$/с.

## Задача

В трубопроводе диаметром ***D*** = 100 мм длиной ***l*** = 100 м установлен расходомер Вентури с модулем $d^2/D^2 = 0{,}3$ .Определить расход воды ***Q*** по перепаду уровней жидкости в дифманометре ***h*** = 0,5 м. Определить избыточное давление на поверхности жидкости в баке, под действием которого происходит движение при следующих данных: $Z_1 = 2$ м, $Z_2 = 5$ м, коэффициенты сопротивления вентиля принять $\zeta_{вен} = 7{,}0$; трубы Вентури $\zeta_{Вент} = 0{,}5$; остальные коэффициенты местных сопротивлений по таблице. Труба водопроводная нормальная ( коэффициет Дарси при турбулентном режиме можно определить по таблице).



## Контрольная работа № 20

1.Какой трубопровод называется простым?

2.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром $d$ = 100 мм и в трубе квадратного сечения со стороной $a$ = 200 мм.

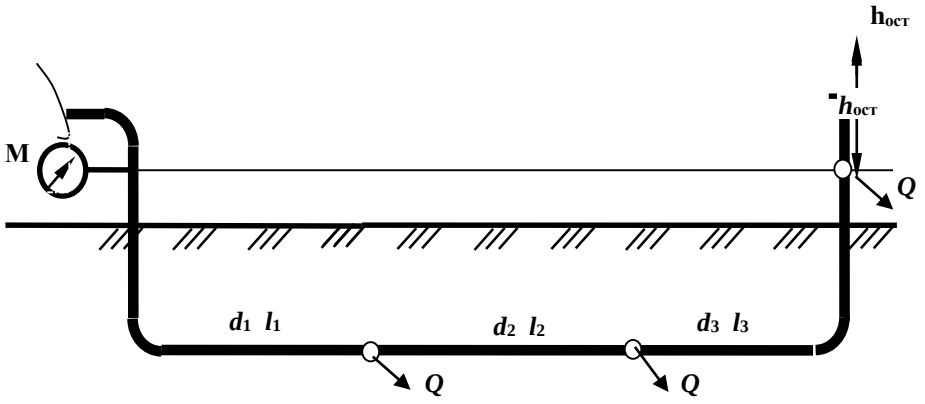
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения. Дать пояснение всех параметров, входящих в уравнение.

4.Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода уменьшится в 2 раза? Показать расчетом.

5.Определить, при каком значении коэффициента кинематической вязкости $\nu$ возможен ламинарный режим в трубе $d$ = 50 мм при скорости движения $V$ =1,2 м/с.

### Задача

Определить расходы воды у потребителей в системе трех последовательно соединенных труб: $d_1$ = 200 мм, $l_1$ = 600 м, $d_2$ = 150 мм, $l_2$ = 300 м, $d_3$ = 100 мм, $l_3$ = 200 м, если показания манометра в начале системы $p_м$ = 3,0 ат и остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



## Контрольная работа № 21

1.Дать определение ламинарного режима.

2.Определить, при какой скорости воды в трубе диаметром ***d*** = 100 мм будет обеспечен расход **Q** = 2 ,0 л/с.

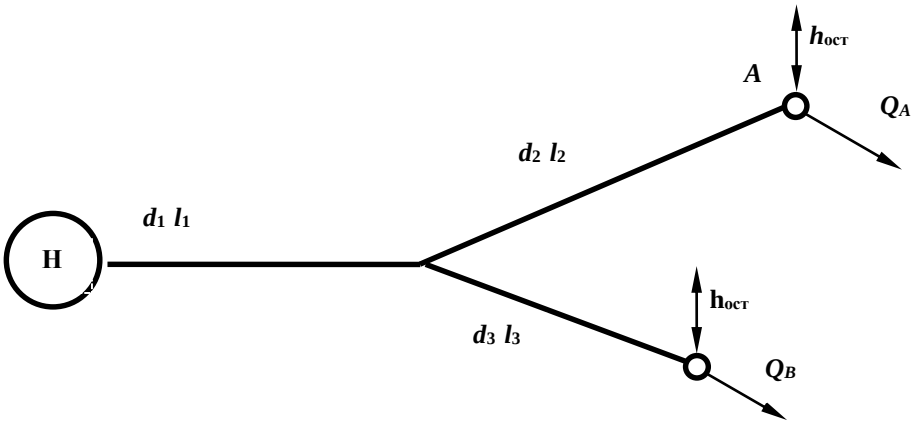
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, построить диаграмму уравнения, пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать потери напора по длине в трубе диаметром ***d*** = 100 мм длиной ***L*** = 10 м при расходе ***Q*** = 8,2 л/с и коэффициенте гидравлического трения $\lambda$ = 0,04.

**5.Определить режим движения воды в трубе диаметром *d* = 100 мм при скорости *V* =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с, шероховатость внутренней поверхности трубы Δ=0,5мм. При турбулентном режиме установить область сопротивления.**

## Задача

Рассчитать тупиковую водопроводную систему, снабжающую водой шахты ***A*** и ***B***, а также определить высоту водонапорной башни ***H*** (действующий напор), если остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м , расходы шахт составляют $Q_A$ = 40 л/с; $Q_B$ = 60 л/с, эксплуатационная скорость в трубах $V_{экс}$ =1,5 м/с; длины участков: $l_1$ = 1000 м, $l_2$ = 1200 м, $l_3$ = 900 м. Местные потери принять равными 10% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию. Чертеж представлен в плане



**Контрольная работа № 22**

1.Охарактеризовать турбулентный режим движения.

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром $d$ = 100 мм при скорости движения потока воды $V$ =1,27 м/с.

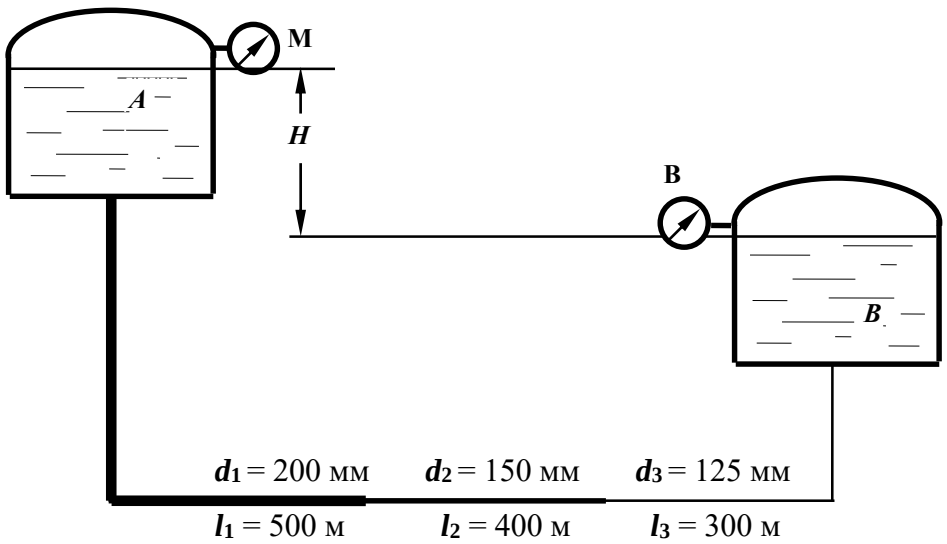
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать коэффициент гидравлического трения $\lambda$ для водопроводной трубы $d$ = *100* мм, длиной $L$ = 40 м, если потери напора по длине $h_l$ = 1,5 м при расходе $Q$ = 9 ,5 л/с.

5.Определить режим движения воды в трубе диаметром $d$ = 50 мм с шероховатостью $\Delta$= 1,0 мм при скорости $V$ =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с. Для турбулентного режима установить область сопротивления.

**Задача**

Расход $Q$ = 20 л/с поступает из напорного бака $A$ в резервуар $B$ по системе последовательно соединенных труб (размеры – на схеме). Определить $H$ при следующих показаниях приборов: $p_{ман}$=0,5 ат, $p_{вак}$= 0,2 ат. Трубы водопроводные нормальные. Местные потери составляют 10% потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



**Контрольная работа № 23**

1.Что такое критическая скорость и как ее определить для трубопровода?

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром $d$ = 100 мм, при скорости движения потока воды $V$ =2,0 м/с; какой режим движения в трубе при этой скорости?

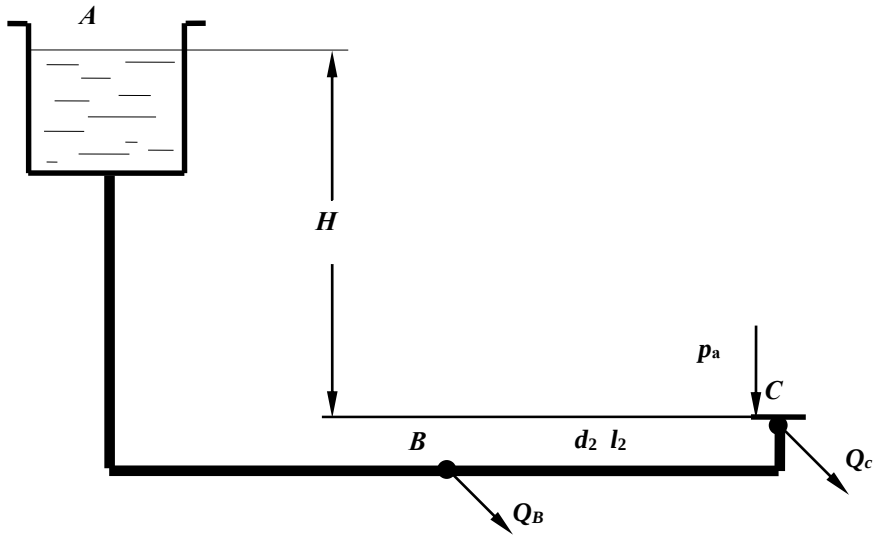
3.Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить геометрический смысл уравнения.

4.Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости увеличится в 2 раза, показать расчетом.

5.Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром $d$ = 50 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м$^2$/с.

**Задача**

Из водонапорного бака $A$ в пункты $B$ и $C$ подаются одинаковые расходы воды $Q_B = Q_c = Q$. Определить величину $Q$ расхода у потребителей, если напор $H$ =15 м, трубы водопроводные, нормальные, соединены последовательно: $d_1$ = 100 мм, $l_1$ = 500 м, $d_2$ = 75 мм, $l_2$ = 300 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине.



## Контрольная работа № 24

1.Записать уравнение неразрывности потока.

2.Дать понятие гидростатического напора в сечении потока. Как он определяется экспериментально?

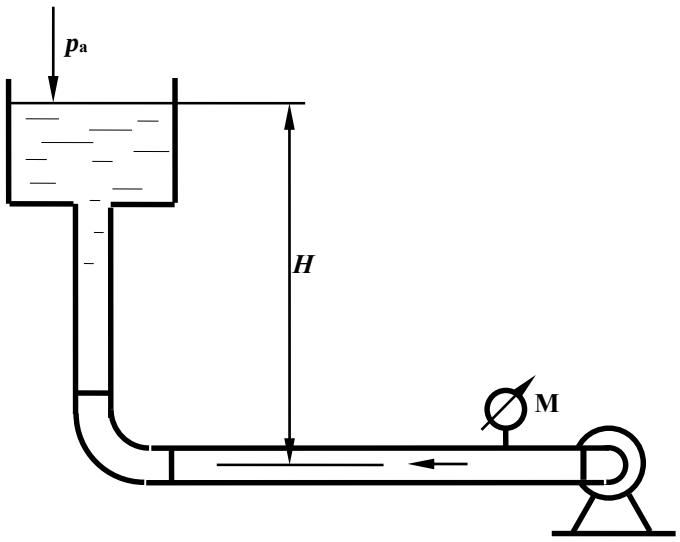
3.Рассчитать при каком значении коэффициента сопротивления пробкового крана $\zeta_{кр}$ будет обеспечен расход **Q** = 1 л/с в трубе диаметром ***d*** = 50 мм, если величина потерь напора в кране составляет $h_{кр}$= 25 см.

4.Определить потери напора по длине в трубе длиной ***L*** = 20 м диаметром ***d*** = 50 мм с абсолютной шероховатостью **Δ**= 0,5 мм при расходе **Q** = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с.

5.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром ***d*** = 200 мм и в трубе квадратного сечения со стороной ***a*** = 100 мм.

## Задача

Определить манометрическое давление, которое должен создавать насос, чтобы подать воду в количестве ***Q*** = 5 л/с в водонапорный бак на высоту ***H*** = 12 м по трубопроводу длиной ***l*** = 50 м с высотой выступов шероховатости внутренней поверхности трубы $\Delta_э$ = 1мм; при температуре воды ***t*** = 15$^0$С ( $\nu$ = 0,011463 см$^2$/с). Диаметр трубы ***d***=150 мм, коэффициент сопротивления колен $\zeta_{кол}$ = 0,29.



**Контрольная работа № 25**

1.Определение потерь напора по длине с помощью обобщенных параметров.

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода **Q** =4 л/с при скорости ***V*** =1,6 м/с.

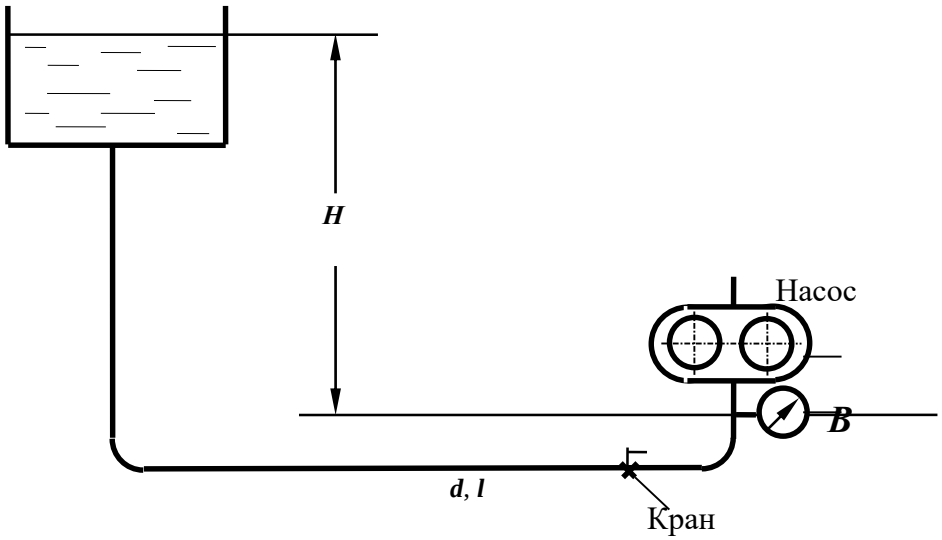
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 27,0, а скорость движения воды ***V*** = 2,1 м/с.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром ***d*** = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,05 мм при скорости ***V*** =0,21 м/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м$^2$/с.

**Задача**

Определить расстояние ***H*** от уровня жидкости в маслобаке, если давление на входе в шестеренный насос системы смазки, подающий расход ***Q*** = 1 л/с машинного масла $p_{вак}$=0,1 ат; $\rho_м$ = 900 кг/м$^3$, $\nu = 38 \cdot 10^{-6}$ м$^2$/с, ***d*** = 35 мм, ***l*** = 5 м, , $\zeta_{кр}$ = 4, $\zeta_{кол}$ = 0,3.



## Контрольная работа № 26

1.Дать определение понятия «***гидравлически гладкие стенки***».

2.Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =0,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

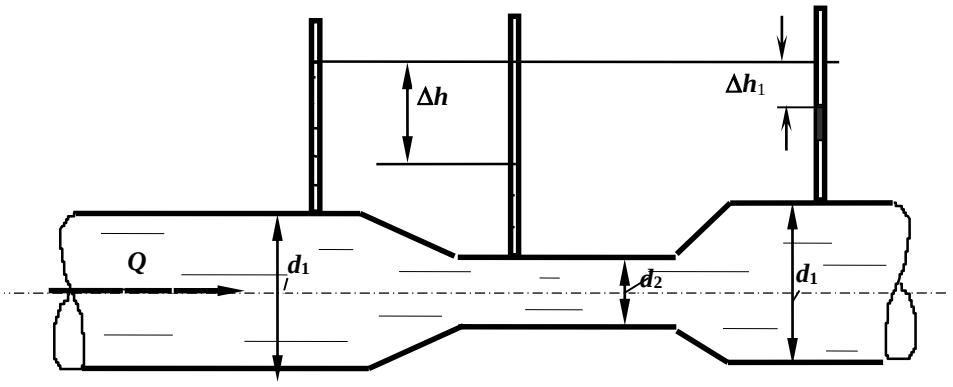
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной вязкой жидкости; привести формулы, пояснить параметры.

4.Определить разность показаний пьезометров, установленных до и после пробкового крана, если скорость движения воды в трубопроводе равна $\boldsymbol{V}$ =0,8 м/с, а коэффициент сопротивления пробкового крана равен $\zeta_{кр}$= 7,0.

5.Определить, каким должно быть давление в начале трубы для транспортирования воды, если длина участка составляет $\boldsymbol{L}$ = 150 м, диаметр $\boldsymbol{d}$ = 100 мм с абсолютной шероховатостью $\Delta$= 0,5 мм, показание манометра в конце участка $\boldsymbol{p}$ = 0,7 ат, пропускная способность трубы равна $\boldsymbol{Q}$ = 6,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с.

### Задача

Определить разность показаний пьезометров $\Delta\boldsymbol{h}$, установленных на водомере Вентури с диаметрами $\boldsymbol{d_1}$ = 100 мм, $\boldsymbol{d_2}$ = 50 мм, если расход воды равен $\boldsymbol{Q}$ = 3 л/с. Потерями напора в водомере пренебречь, коэффициент Кориолиса $\alpha$ принять равным 1. Найти также $\Delta\boldsymbol{h}_1$ для случая учета сопротивления трубы Вентури , если принять $\zeta_{\text{Вентури}}$= 0,5.

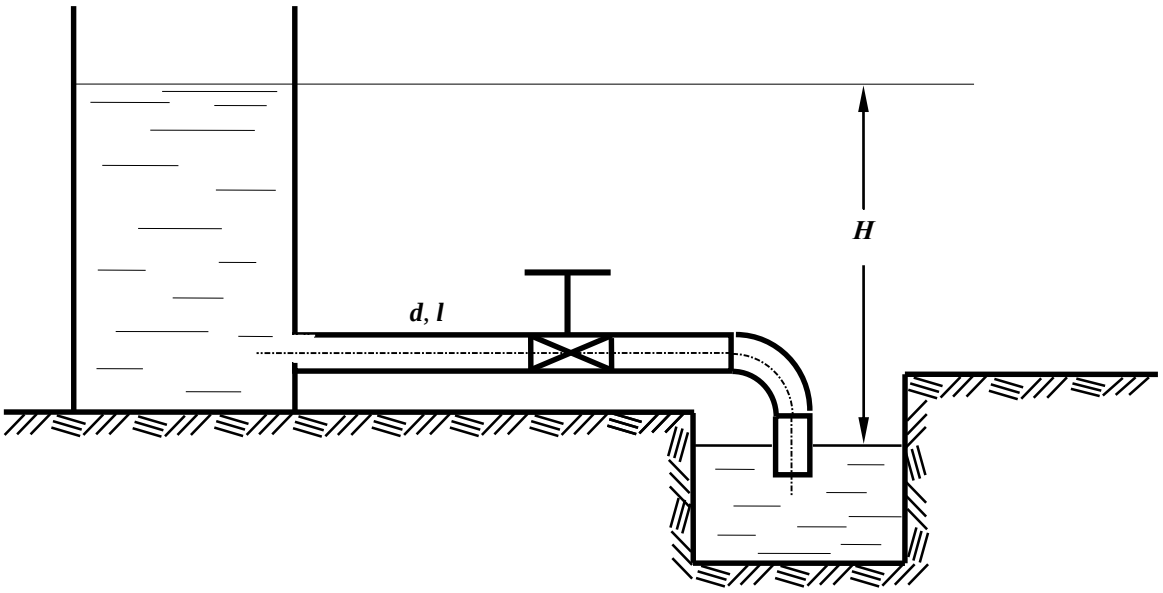


## Контрольная работа № 27

1.Каким должен быть коэффициент сопротивления вентиля, чтобы при пропускной способности трубопровода $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с потери напора в вентиле составили $\boldsymbol{h_{вент}}$= 32 см. Диаметр трубопровода равен $\boldsymbol{d}$ = 50 мм.
2.Определить скорость по оси потока жидкости в горизонтальной трубе, если показание трубки Пито, установленной по оси потока равно 100 мм, а показание пьезометра – 50 мм. Начертить схему установки приборов.
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.
4.Разность показаний пьезометров, установленных на расстоянии $\boldsymbol{L}$ = 5 м в горизонтальной водопроводной трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм, равна 30 см. Определить коэффициент гидравлического трения ( $\lambda$ ), если расход воды составляет $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с.
5.Что такое квадратичная область сопротивления?

### Задача

Определить, какой должна быть разность уровней трансформаторного масла в резервуаре и отстойнике, чтобы по трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм и длиной $\boldsymbol{l}$ = 25 м проходил расход $\boldsymbol{Q}$ = 3,0 л/с. На трубе установлен пробковый кран с углом открытия $\alpha$ = 20°. Кинематический коэффициент вязкости масла $\nu = 0{,}38 \cdot 10^{-4}$ м$^2$/с.



**Контрольная работа № 28**

1.Пояснить, какие параметры составляют гидравлическую характеристику сечения потока. Дать определения.

2.В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна $V$ =0,5 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во 30втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

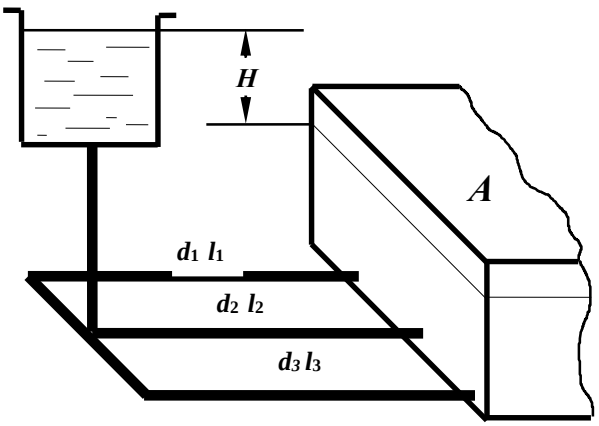
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной жидкости. Записать уравнения.

4. Рассчитать критическую скорость для потока бензина в трубе диаметром $d$ = 50 мм, 30пли кинематический коэффициент вязкости бензина равен $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м$^2$/с.

5.Определить давление в начале водопроводной стальной трубы длиной $L$ =200 м, диаметром $d$ = 100 мм с абсолютной шероховатостью $\Delta$= 0,5 мм, если показание манометра в конце участка $p$ = 0,9 ат, пропускная способность трубы равна **Q =** 5,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с.

**Задача**

В бассейн $A$ из напорного бака через три параллельно соединенных трубопровода поступает расход $Q$ = 50 л/с. Определить необходимый напор $H$ и расход в каждом трубопроводе, трубы водопроводные, нормальные; область сопротивления – квадратичная. Местные потери напора принять равными 10% от потерь по длине. Размеры труб: $d_1$=150 мм; $l_2$=450м $d_2$ =100 мм; $l_2$=400м; $d_3$=200мм; $l_3$=420м.



## Контрольная работа № 29

1.Записать дифференциальные уравнения движения жидкости (уравнение Эйлера).

2.Рассчитать скоростной напор потока воды в трубе диаметром $d$ = 100 мм, если при таком же расходе скоростной напор в трубе диаметром $d$ = 50 мм равен 0,2 м.

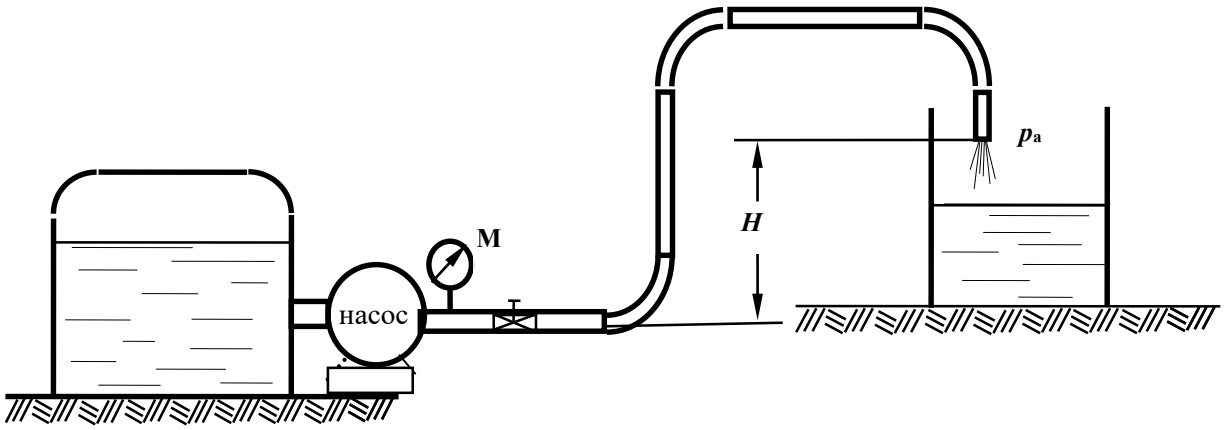
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Дать пояснения параметров, входящих в уравнение, учитывая его геометрическую интерпретацию. Построить диаграмму уравнения.

4.При какой скорости потока воды произойдет переход от ламинарного режима к турбулентному в стеклянной трубе диаметром $d$ = 30 мм, если кинематический коэффициент вязкости равен $\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу диаметром $d$ = 50 мм и длиной $l$=150 м при скорости потока $V$=1,3 м/с и температуре $10^0$С ($\nu$=0,0131 см$^2$/с). Трубы стальные, новые ($\Delta$=0,05мм).

### Задача

Определить длину трубопровода диаметром $d$ = 100 мм ( $\Delta$ = 0,5 мм), с помощью которого бензин ($\rho_б$ = 700 кг/м$^3$ и $\nu$ = 3,0·10$^{-6}$м$^2$/с) может быть поднят на высоту $H$ = 12 м при пропускной способности $Q$ = 6 л/с, если показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Истечение бензина происходит в атмосферу. Сумму коэффициентов местных сопротивлений принять равной $\sum\zeta$ = 6,0.



**Контрольная работа № 30**

1.Пояснить понятие ***коэффициент расхода трубопровода.***

2. Определить сторону ***a*** квадратного сечения трубопровода пропускной способностью ***Q*** = 2,5 л/с при скорости движения жидкости ***V*** = 1,0 м/с.

3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки реальной жидкости к целому потоку? Записать уравнения.

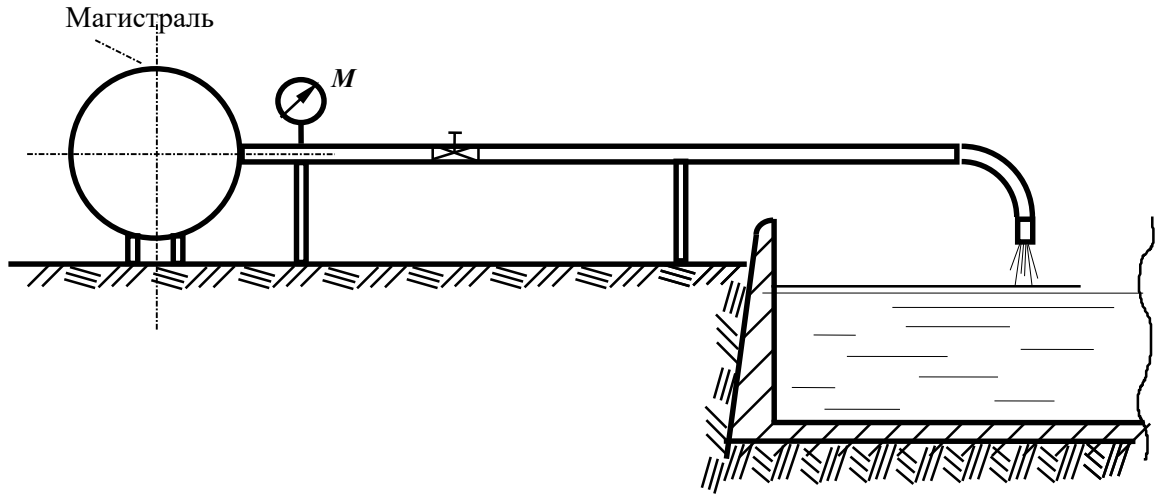
4.Определить при какой скорости движения воды в водопроводной трубе диаметром ***d*** = 50 мм и длиной ***L*** = 40 м потери напора по длине составят $h_l$ = 30 см. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0{,}03$.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной ***L*** = 150 м, диаметром ***d*** = 100 мм ($\Delta$= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы ***p*** = 0,87 ат, расход составляет ***Q*** = 6,3 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м$^2$/с).

**Задача**

Определить какой объем воды (***W***) наполнится в бассейне за 30 мин, если на трубе установлен пробковый кран с углом закрытия $\alpha = 30^o$ и одно колено.

Через нормальную водопроводную трубу длиной ***l*** = 50 м и диаметром ***d*** = 100 мм, присоединенную к магистральному трубопроводу с избыточным давлением $p_м$ = 100 кПа,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ*

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Екатеринбург

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВДЕНИЕ ..... 3
Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ..... 4
Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА ..... 12
2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока. ..... 12
2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока ..... 14
2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока ..... 16
Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ..... 22
3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой ..... 22
3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником ..... 25
Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ. 27
Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА ..... 33
Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ ..... 40
ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА. ..... 46
7.1. Неразветвленные магнитные цепи. ..... 46
7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку. ..... 49
7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС ..... 51
2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока. ..... 57
Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ ..... 58
Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ ..... 60
Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ..... 63

## ВВДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехника» изучает процессы в электрических и магнитных цепях, выявляет общие закономерности электромагнитных явлений и их прикладное применение для создания, передачи и распределения электроэнергии.

*Целью* преподавания дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущего инженера-электрика, инженера-электромеханика, инженера по автоматизации производственных процессов, развитие его творческих способностей, умение формировать и решать на высоком научном уровне проблемы осваиваемой специальности, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. Эти цели достигаются на основе повышения творческой активности и самостоятельной работы студентов.

Высокий научный и инженерный уровень дисциплины обусловлен глубоким проникновением в ее разделы законов и положений, которые даются в курсах «Физика» и «Математика».

***Выполнение контрольных заданий.***

При выполнении контрольных задний необходимо выполнить следующие требования:

1. Контрольные задания выполняют по данному методическому указанию.

2. Варианты задач в контрольных заданиях определяют по двум последним цифрам номера студенческого билета. Если две последние цифры превышают число 24 (общее количество вариантов), то номер варианта определяется по остатку от целочисленного деления этих цифр на число 24. • Например, двум последним цифрам 49-го номера студенческого билета соответствует первый вариант контрольного задания.

3. Контрольные задания выполняют в отдельной тетради, на обложке которой приводят сведения по следующей форме: фамилия, имя, отчество, номер студенческого билета, номер контрольного задания.

4. Графическую часть (схемы, графики) в контрольных заданиях выполняют карандашом, в масштабе, с указанием последнего.

5. Решение каждой задачи контрольного задания следует начинать с новой страницы.

6. Электрические схемы вычерчивают согласно стандарту.

7. Условие задачи выписывают полностью без сокращений.

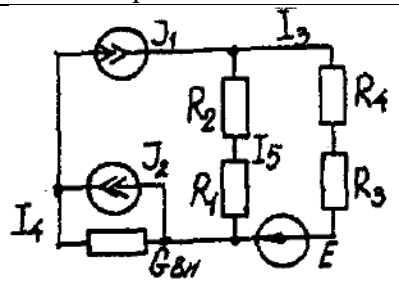
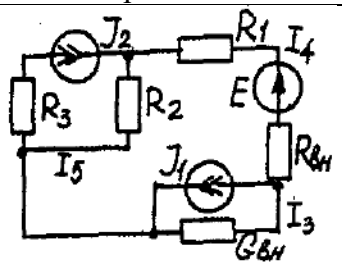
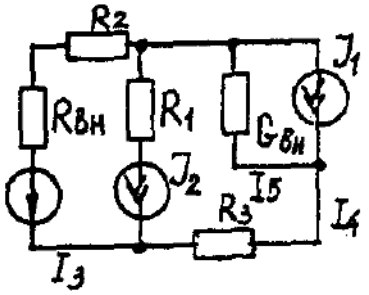
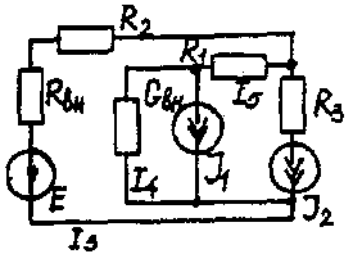
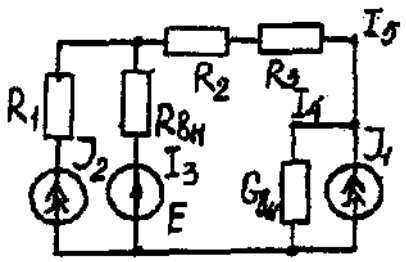
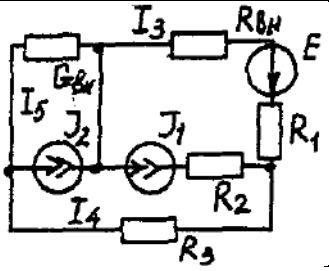
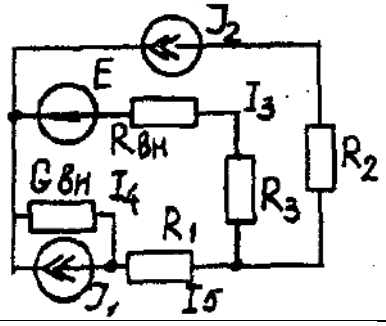
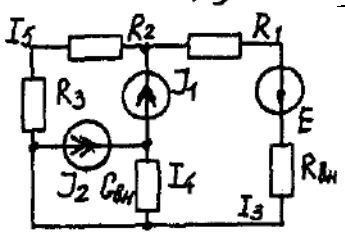
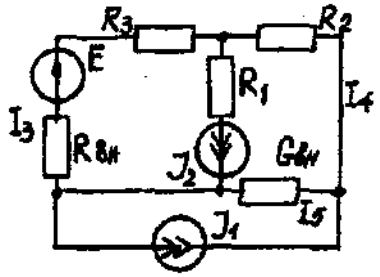
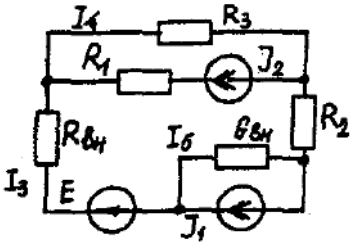
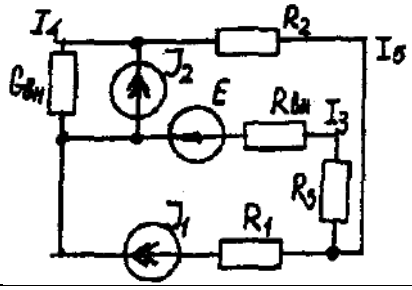
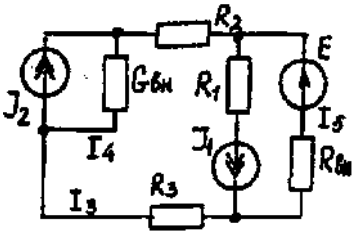
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.

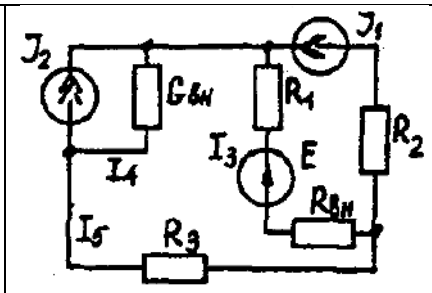
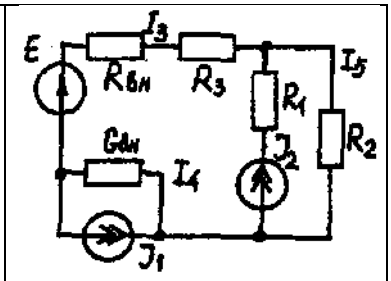
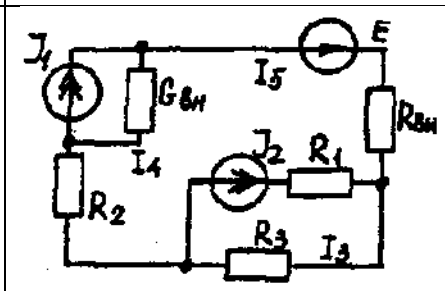
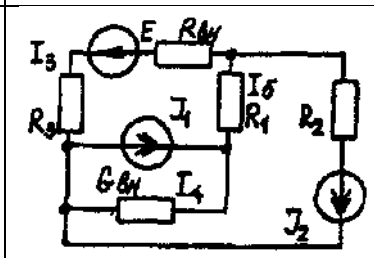
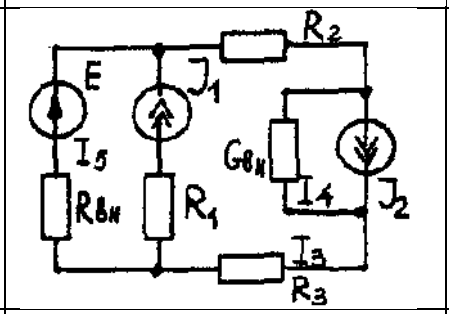
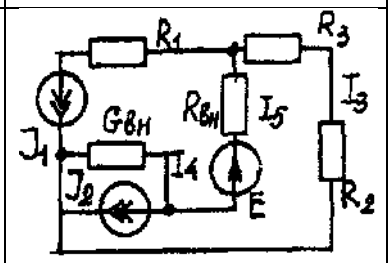
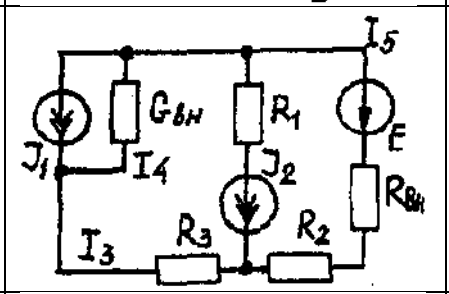
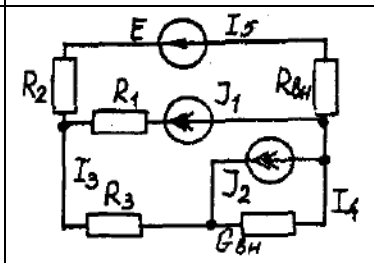
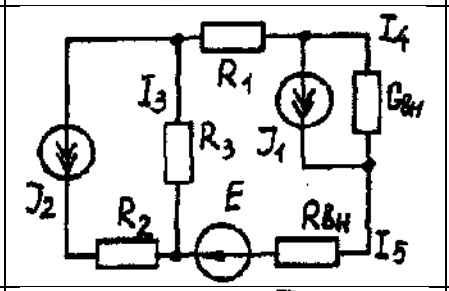
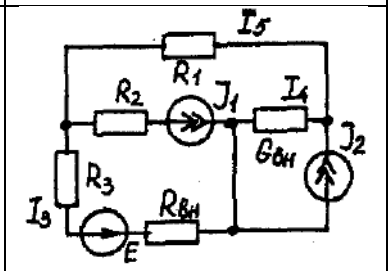
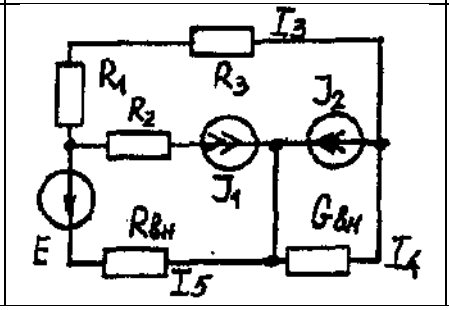
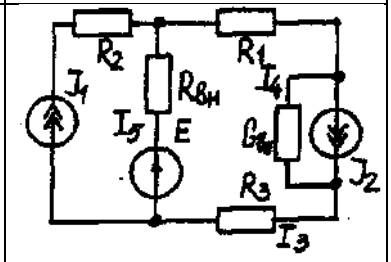
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.

10. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан, исправив ошибки указанные преподавателем, представить задание на повторную рецензию.

11. Студенты, не сдавшие на проверку соответствующих решенных контрольных заданий, к сдаче экзамена не допускаются.

## Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

| № | Схема варианта | № | Схема варианта |
|---|---|---|---|
| 1 |  | 2 |  |
| 3 |  | 4 |  |
| 5 |  | 6 |  |
| 7 |  | 8 |  |
| 9 |  | 10 |  |
| 11 |  | 12 |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 |  | 14 |  |
| 15 |  | 16 |  |
| 17 |  | 18 |  |
| 19 |  | 20 |  |
| 21 |  | 22 |  |
| 23 |  | 24 |  |

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы (табл. 1.1) с известными параметрами (табл. 1.2) определить токи в ветвях цепи следующими методами:

- составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа;
- контурных токов;

- наложения;
- узловых потенциалов;
- эквивалентного генератора.

| Номер вариа-нта | Значение параметров | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E, В | $J_1$, А | $J_2$, А | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | $R_3$, Ом | $R_{ВН}$, Ом | $G_{ВН}$, См |
| 1 | 42 | 35 | 17 | 10 | 20 | 5 | 7 | 0,5 |
| 2 | 126 | 6 | 8 | 1 | 3 | 2 | 5 | 0,25 |
| 3 | 21 | 5 | 2 | 5 | 9 | 3 | 3 | 0,2 |
| 4 | 29 | 3 | 6 | 2 | 3 | 4 | 4 | 0,2 |
| 5 | 200 | 25 | 25 | 8 | 3 | 1 | 4 | 0,5 |
| 6 | 40 | 10 | 3 | 5 | 8 | 5 | 2 | 0,5 |
| 7 | 50 | 3 | 25 | 3 | 5 | 2 | 3 | 0,2 |
| 8 | 20 | 10 | 8 | 4 | 8 | 2 | 6 | 1 |
| 9 | 50 | 22 | 6 | 4 | 5 | 2 | 3 | 0,1 |
| 10 | 140 | 20 | 7 | 5 | 1 | 4 | 6 | 0,2 |
| 11 | 104 | 28 | 13 | 5 | 2 | 3 | 2 | 0,1 |
| 12 | 150 | 4 | 6 | 3 | 4 | 6 | 5 | 0,2 |
| 13 | 43 | 4 | 28 | 2 | 5 | 1 | 3 | 0,2 |
| 14 | 82 | 2 | 3 | 6 | 4 | 5 | 6 | 0,2 |
| 15 | 52 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0,2 |
| 16 | 204 | 1 | 5 | 2 | 3 | 1 | 3 | 0,4 |
| 17 | 110 | 11 | 9 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0,5 |
| 18 | 72 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 | 6 | 0,2 |
| 19 | 42 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 5 | 0,1 |
| 20 | 8 | 6 | 2 | 6 | 1 | 2 | 2 | 0,05 |
| 21 | 187 | 10 | 6 | 2 | 6 | 7 | 4 | 0,5 |
| 22 | 144 | 5 | 15 | 4 | 3 | 2 | 4 | 0.5 |
| 23 | 84 | 6 | 5 | 3 | 3 | 6 | 3 | 0,5 |
| 24 | 103 | 12 | 6 | 4 | 3 | 1 | 3 | 0,5 |

## *Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа*

**Методические указания.**

Этот метод основан на составлении и совместном решении системы уравнений электрического равновесия, составленных по первому и второму законам Кирхгофа. Общее число независимых уравнений (и) должно быть равно числу неизвестных токов, то есть числу ветвей электрической схемы *(p)* за исключением ветвей, содержащих источник тока.

**Последовательность решения.**

Выбрать условное положительное направление токов в ветвях. По первому закону Кирхгофа для схемы, содержащей *(q)* узлов, составить *(q* -1) уравнений электрического равновесия. По второму закону Кирхгофа составить [*p* - *(q* - 1)] уравнений электрического равновесия для независимых контуров. При составлении уравнений электрического равновесия следует обратить внимание на знаки. Если заданное или произвольно выбранное направление токов и э. д. с. совпадают с выбранным обходом контуров, то перед ними в уравнениях электрического равновесия ставят знак плюс, знак у падений напряжений берется в соответствии со знаком тока.

Решить полученную систему уравнений электрического равновесия относительно неизвестных токов в ветвях.

Выполнить проверку полученного решения по первому закону Кирхгофа для узлов заданной электрической схемы.

### *Метод контурных токов*

**Методические указания.**

Этот метод заключается в представлении действительных токов в ветвях, являющихся общими для двух или большего числа смежных контуров, алгебраической суммой составляющих, каждая из которых является током, замыкающимся в одном из выбранных контуров. Эти составляющие называются контурными токами. При решении задачи этим методом в расчет вводят контурные токи, составляют уравнения электрического равновесия только на основании второго закона Кирхгофа. Вычислив контурные токи, определяют действительные токи в ветвях.

**Последовательность решения.**

Выбрать для рассматриваемой схемы независимые контуры, не содержащие источники тока *(J).*

Задавшись положительными направлениями обхода контуров, составить для выбранных независимых контуров уравнения электрического равновесия по второму закону Кирхгофа, принимая направления контурных токов, совпадающими с выбранным обходом контуров. В уравнениях электрического равновесия учитывать и падения напряжений, обусловленные источниками тока (J) на соответствующих сопротивлениях рассматриваемого контура. Определить контурные токи.

Вычислить действительные токи ветвей как алгебраические суммы токов как контурных, так и источников тока, протекающих через рассматриваемую ветвь.

### *Метод наложения*

**Методические указания.**

Этот метод основан на том, что действительный ток в рассматриваемой ветви равен алгебраической сумме составляющих токов в этой ветви, вызванных каждой из э. д. с. и источника тока в отдельности при исключении действия остальных источников э. д. с. и тока.

**Последовательность решения.**

Составить (нарисовать) электрические цепи с одним источником э. д. с. или тока, при этом зажимы остальных источников тока размыкать, а источники э. д. с. замыкать накоротко.

Задаться положительными направлениями токов в ветвях.

Определить составляющие - токов в ветвях, вызванных рассматриваемым источником.

Определить действительные токи ветвей как алгебраическую сумму составляющих.

### *Метод узловых потенциалов*

**Методические указания.**

Этот метод заключается в определении потенциалов узлов, на основании чего вычисляются токи в ветвях по закону Ома. Потенциалы узлов определяются на основании системы уравнений электрического равновесия (1.1), составленных по первому закону Кирхгофа. При этом токи в уравнениях электрического равновесия выражают через потенциалы согласно закону Ома для участка цепи. Потенциал одного из узлов принимается равным нулю.

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 G_{11} - \varphi_1 G_{12} - \varphi_3 G_{13} = I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_1 G_{22} - \varphi_3 G_{23} = I_{22} \\ -\varphi_1 G_{31} - \varphi_1 G_{32} - \varphi_3 G_{33} = I_{33} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1.1)$$

Где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, - потенциалы узлов; $G_{11}, G_{22}, G_{33}, \ldots$ - собственная (узловая) проводимость, равная сумме проводимостей всех ветвей, сходящихся в этом узле, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{21}, G_{23}, G_{32}, \ldots$ - взаимная проводимость, равная сумме проводимостей ветвей между двумя узлами, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $I_{11}, I_{22}, I_{33}, \ldots$ - узловой ток, равный алгебраической сумме токов (J) источников тока и произведений *(G-E)* (э. д. с. ветвей, сходящихся в рассматриваемом узле, на их проводимости); эти величины входят в выражения узловых токов со знаком плюс, если токи *(J)* и э. д. с. (Е) направлены к рассматриваемому узлу.

Последовательность решения.

Пронумеровать узлы. Потенциал одного из узлов принять равным нулю.

Составить систему *(q* - 1) уравнений электрического равновесия (1.1) Вычислить собственные и взаимные проводимости, узловые токи и подставить в систему уравнений электрического равновесия (1.1).

Определить потенциалы узлов, решив систему уравнений электрического равновесия (1.1). Определить токи ветвей по закону Ома.

Ток ветви равняется разности потенциалов двух узлов, деленной на сопротивление ветви,

$$I_{\text{ветви}} = [\,(\varphi_{\text{к}} - \varphi_{(\text{к}-1)})\,] / \sum R_{\text{ветви}} \quad (1.2)$$

### *Метод эквивалентного генератора*

**Методические указания.**

Этот метод основан на применении теоремы об активном двухполюснике. Согласно теоремы любой активный двухполюсник, содержащий один или несколько источников энергии, можно заменить эквивалентным генератором, э. д. с. которого равна напряжению холостого хода на зажимах выделенной ветви, а внутреннее сопротивление равно входному сопротивлению двухполюсника (рис. 1.1).

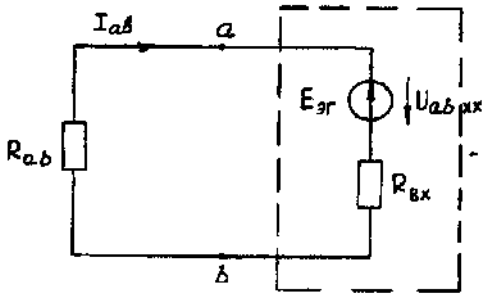



Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

При определении тока, например, в ветви *ab* любой электрической схемы, эту схему представляют в виде двух частей: рассматриваемой ветви *ab* и остальной части схемы - эквивалентного генератора *($E_{эг}$).* Ток в ветви *ab* определяют по формуле:

$$I_{ab} = U_{ab\,xx} / (R_{ab} + R_{вх}) \quad (1.3)$$

где *Uab xx* - напряжение холостого хода активного двухполюсника (эквивалентного генератора) относительно зажимов рассматриваемой ветви; $R_{вх}$ - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно зажимов *ab;* $R_{ab}$ - сопротивление рассматриваемой ветви *ab.*

**Последовательность решения.**

Определить напряжение $U_{abxx}$ с помощью одного из известных методов расчета электрических цепей, согласно исходной схеме без рассматриваемой ветви *ab.*

Вычислить входное сопротивление $R_{вх}$ пассивного двухполюсника, т. е. сопротивление исходной электрической цепи относительно точек *ab* без ветви *ab,* при замкнутых источниках токов э. д. с. и разомкнутых источников токов.

Вычислить ток в рассматриваемой ветви *ab* (см. рис. 1.1) по формуле (1.3).

**Пример решения задачи**

Для заданной электрической цепи (рис. 1.2) с параметрами: E=65,5 В; $J_1$=3,5 А; $J_2$ = 8 А; $R_1$ = 9 Ом; $R_2$ = 7 Ом; $R_3$ = 5 Ом; $R_{вн}$ = 3 Ом; $G_{вн}$ = 0,5 См, определить токи в ветвях.

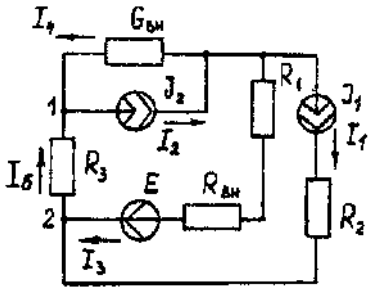



Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

### *Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа*

В рассматриваемой электрической цепи неизвестными являются три тока *($I_3$, $I_4$, $I_5$ ),* для определения этих токов необходимо иметь систему из трех уравнений электрического равновесия, которые составляем по законам Кирхгофа: два уравнения электрического равновесия по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись положительными направлениями токов в ветвях (для узлов 1 и 2); третье уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа. Принимаем контур *($R_3$ – $G_{вн}$ – $R_1$ – $R_{вн}$ - E),* минуя ветви с источниками тока, и задаемся положительным направлением его обхода (см. рис. 1.2.)

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - J_2 + I_5 = 0; \\ I_3 + J_1 - I_5 = 0; \\ I_5 R_3 - I_4 1/G_{вн} + I_3(R_1 + R_{вн}) = E. \end{array}\right\} \quad (1.4)$$

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - 8 + I_5 = 0; \\ I_3 + 3{,}5 - I_5 = 0; \\ I_5 5 - I_4 * 1/0{,}5 + I_3(9 + 3) = 65{,}5. \end{array}\right\} \quad (1.5)$$

В результате решения системы уравнений (1.5) получим: $I_3$ = 3 А; $I_4$ = 1,5 А; $I_5$ = 6,5 А.

### *Метод контурных токов*

Для определения трех неизвестных токов выбираем три независимых контура (рис 1.3) и задаемся положительными направлениями их обхода, совмещая положительные направления контурных токов $I_{11}$, $I_{22}$, $I_{33}$ с направлениями их обхода $I_{11}$= $J_1$= 3,5 А ; $I_{22}$ = $J_2$ = 8 А.

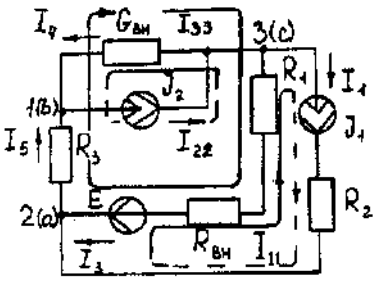



Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

Таким образом, неизвестным является лишь контурный ток $I_{33}$. Для третьего контура ($R_3$ - $G_{ВН}$ – $R_3$ – $R_{вн}$- E) составляем уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа и определяем контурный ток $I_{33}$

$$-I_{11}(R_1+R_{вн})-I_{22}*1/G_{вн}+I_{33}(R_1+R_{вн}+R_3+1/G_{вн})= E; \quad (1.6)$$

$$-3{,}5(9 + 3) - 8 * 1/0{,}5 + I_{33}\ (9 + 3 + 5 + 1/0{,}5) = 65{,}5;$$

отсюда $I_{33}$ = 6,5 А.

Действительные токи в ветвях:

$I_3$=$I_{33}$-$I_{11}$=6,5-3,5 = 3А;

$I_4 = I_{22}-I_{33}$ = 8-6,5 = l,5A,

$I_5 = I_{33}$=6,5A.

### *Метод узловых потенциалов*

Заземляем один из узлов (например 3, рис. 1.4), потенциал этого узла ($\varphi_3$) теперь равен нулю. Для определения потенциалов двух других узлов составляем систему из двух уравнений электрического равновесия по первому закону Кирхгофа:

$$\left.\begin{aligned}\varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} &= I_{11}\\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_2 G_{22} &= I_{22}\end{aligned}\right\} \quad (1.7)$$

$G_{11} = G_{вн}$+ 1/$R_3$= 0,5 + 1/5 = 0,7 См ; $G_{12}$ = $G_{21}$ = 1/$R_3$ = 1/5 = 0,2 См ; $G_{22}$ = 1/$R_3$ + l/($R_1$ + $R_{вн}$) = 1/5 + 1/(9 + 3) = 0,28 См.

$I_{11}$ = -$J_2$ = - 8 А; $I_{22}$ = $J_1$ + $E$/($R_1$ + $R_{вн}$) = 3,5 + 65/(9 + 3) -=9 А.

$$\left.\begin{aligned}0{,}7\varphi_1 - 0{,}2\varphi_2 &= -8;\\ -0{,}2\varphi_1 - 0{,}28\varphi_2 &= 9,\end{aligned}\right\}$$

откуда $\varphi_1$= -3 В ; $\varphi_2$ = 29,5 В.

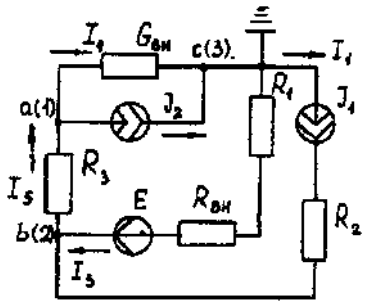



Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

Токи в ветвях:

$I_3$ = [($\varphi_3$ - $\varphi_2$) + $E$] * 1/ ($R_1$ + $R_{вн}$) = [(0 - 29,5) + 65,5] * 1/(9 + 3) - 3 А;

$I_4$ = ($\varphi_3$ - $\varphi_1$)-$G_{ВН}$ = (0 + 3)*0,5 = 1,5 А;

$I_5$ = ($\varphi_1$- $\varphi_2$) • 1/$R_3$ = (-3 - 29,5)*1/5 = -6,5 А.

Знак "-" у тока $I_5$ указывает на то, что действительное направление тока противоположно выбранному.

### *Метод наложения*

Определяем составляющие токов в ветвях ($I_3'$, $I_4'$, $I_5'$), вызванные источником э. д. с. (Е) при исключении источников тока ($J_1$) и ($J_2$) (рис. 1.5, а). Направление токов в цепи определяется согласно направлению источника э. д. с. (Е)

$I_3'$= $I_4'$ = $I_5'$= $E$/($R_1$ + $R_{вн}$ + $R_3$ + 1/$G_{ВН}$) = 65,5/(9 + 3 + 5 + 1/0,5) = 3,45 А.

Определяем составляющие токов в ветвях ($I_3$", $I_4$", $I_5$"), вызванные источником тока ($J_1$) (рис. 1.5, *б*) при исключении источника тока ($J_2$) и источника, э. д. с. ($E$) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению ($J_1$).

$I_3$ = $J_1$($R_3$ + 1/$G_{ВН}$)/($R_1$ + $R_{вн}$ + $R_3$ + 1/$G_{ВН}$) =3,5(5 + 2)/(9 + 3 + 5 + 2) = 1,3 А;

$I_4$" = $I_5$" = $J_1$ – $I_3$" = 3,5 -1,3 = 2,2 А.

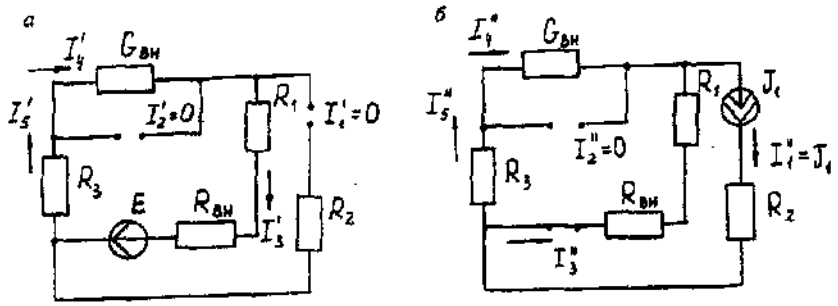



Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

Определяем составляющие токов в ветвях ($I_3'''$, $I_4'''$, $I_5'''$), вызванные источником тока ($J_2$) (рис. 1.6, а) при исключении источника тока ($J_1$) и источника, э. д. с. (Е) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению ($J_2$).

$I_3''' = I_5''' = J_2 (1/G_{вн})/(R_1 + R_{вн} + R_3 + 1/G_{вн}) = 8*2/(9 + 3 + 5 + 2) = 0{,}85$ А;

$I_4''' = J_2 - I_3''' = 8 - 0{,}85 = 7{,}15$ А

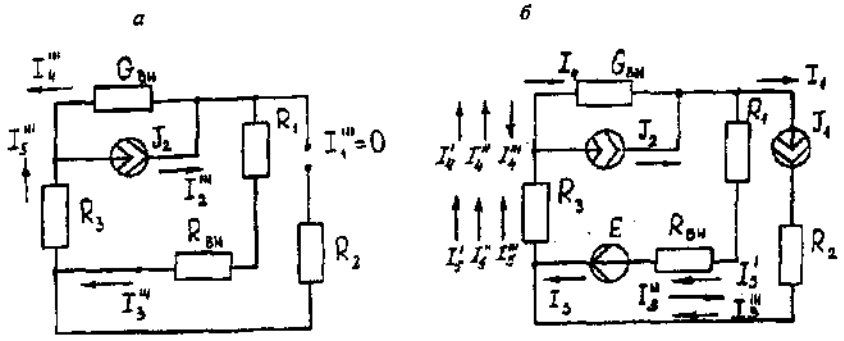



Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

Действительные токи в ветвях определяем как алгебраическую сумму составляющих, вызванных каждым из источников энергии (см. рис. 1.6, б):

$I_3 = I_3' - I_3'' + I_3''' = 3$А; $I_4 = -I_4' - I_4'' + I_4''' = 1{,}5$ А;

$I_5 = I_5' + I_5'' + I_5''' = 6{,}5$ А

Проверку решений выполняем, применяя первый закон Кирхгофа для трех узлов.

***Метод эквивалентного генератора***

Определить ток ветви *ab*.

Определяем напряжение $U_{ab\,xx}$. При размыкании ветви *ab* исходная схема (см. рис. 1.2) преобразуется в схему, изображенную на рис. *1.7, а.*

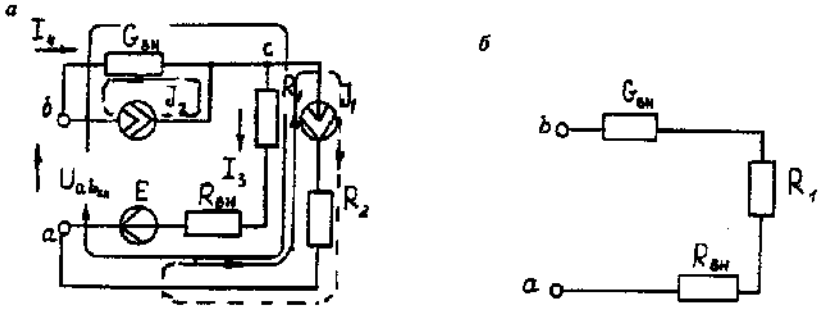



Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение электрического равновесия для контура *a-b-c-a,* не содержащего источников тока, обходя контур по часовой стрелке,

$$U_{ab\,xx} - J_2 * 1/G_{вн} - J_1 * (R_{вн} - R_1) = E \quad (1.8)$$

$U_{ab\,xx} - 8 - 1/0{,}5 - 3{,}5 * (9 + 3) = 65{,}5$ ; $U_{ab\,xx} = 123{,}5$ В.

Определяем входное сопротивление относительно зажимов выделенной ветви $U_{ab\,xx}$, при этом зажимы источника э. д. с. закорачиваем, а зажимы источников тока размыкаем. В результате получается электрическая цепь (рис. 1.7,6)

$U_{ab\,xx} = 1/G_{вн} + R_1 + R_{вн} = 17$ Ом;

$I_{ab} = U_{ab\,xx}(R_{вх\,ab} + R_3) = 123{,}5/(14 + 5) = 6{,}5$ А.

# Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

## 2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока.

На рис.2.1 представлена неразветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.1 приведены в табл. 2.1,

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение сопротивлений, построить диаграмму сопротивлений.

2. Составить комплексное уравнение напряжений, построить векторную диаграмму напряжений. Записать полное напряжение цепи в алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

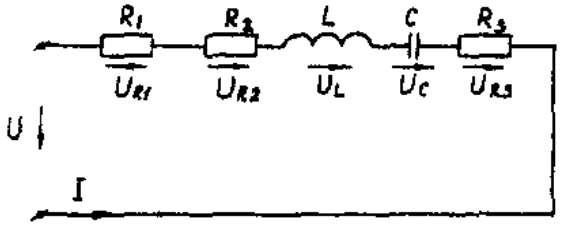



Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют индуктивное и емкостное сопротивления в цепи, Ом

$$X_L = \omega \cdot L$$
$$X_C = 1/\omega \cdot c \quad (2.1)$$

где ω — угловая частота переменного тока, ω = 314 с$^{-1}$. (При вычислении $X_C$ размерность емкости С — Ф, 1Ф = $10^6$ мкФ).

Вычисляют полное сопротивление цели в комплексной форме, Ом

$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + jX_L - jX_C + R_3 \quad (2.2)$$

Вычисляют действующее значение тока в цепи по закону Ома, А

$$I = \frac{U_{R1}}{R_1} \quad \left( или \frac{U_{R3}}{R_3} \right) \quad (2.3)$$

Записывают комплекс тока в цепи при начальной фазе $\psi_i$=0 как İ = I, А.

Исходные данные к задаче

Таблица 2.1

| Вари-ант | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | L, Гн | C, мкФ | $R_3$, Ом | $U_{R1}$, В | $U_{R3}$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 10 | 0,478 | 636 | 10 | 80 | - |
| 2 | 8 | 15 | 0,0318 | 159 | 10 | 80 | - |
| 3 | 10 | 20 | 0,0636 | 318 | 12 | 100 | - |
| 4 | 10 | 25 | 0,0478 | 127 | 12 | 100 | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 12 | 10 | 0,0318 | 159 | 6 | 120 | - |
| 6 | 12 | 15 | 0,0636 | 636 | 6 | - | 60 |
| 7 | 6 | 25 | 0,0478 | 106 | 8 | - | 80 |
| 8 | 6 | 10 | 0,0636 | 212 | 8 | - | 80 |
| 9 | 8 | 15 | 0,0636 | 79,6 | 10 | - | 100 |
| 10 | 8 | 20 | 0,0478 | 318 | 10 | - | 100 |
| 11 | 10 | 20 | 0,096 | 79,6 | 12 | 100 | - |
| 12 | 10 | 10 | 0,636 | 318 | 12 | 100 | - |
| 13 | 12 | 15 | 0,636 | 127 | 6 | 120 | - |
| 14 | 6 | 20 | 0,096 | 159 | 6 | 120 | - |
| 15 | 6 | 25 | 0,0478 | 159 | 8 | 60 | - |
| 16 | 8 | 10 | 0,0318 | 636 | 8 | - | 80 |
| 17 | 8 | 15 | 0,0636 | 106 | 10 | - | 100 |
| 18 | 10 | 20 | 0,0318 | 636 | 10 | - | 100 |
| 19 | 10 | 25 | 0,0478 | 79,6 | 12 | - | 120 |
| 20 | 12 | 10 | 0,096 | 212 | 12 | - | 120 |
| 21 | 8 | 10 | 0,096 | 212 | 6 | 80 | - |
| 22 | 8 | 15 | 0,048 | 636 | 6 | 80 | - |
| 23 | 10 | 20 | 0,0636 | 159 | 8 | 100 | - |
| 24 | 10 | 25 | 0,0478 | 318 | 8 | 100 | - |

Вычисляют напряжения на отдельных элементах цепи и всей цепи в комплексной форме, В

$$\dot{U} = \underline{Z}\dot{I} = R_1\dot{I} + R_2\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} + R_3\dot{I} = \\ = U_{R1} + U_{R2} + jU_L - jU_C + U_{R3} \quad (2.4)$$

Вычисляют полную мощность цепи и мощность на элементах цепи в комплексной форме

$$S = \dot{U}\cdot\dot{I} = \underline{Z}I^2 = R_1I^2 + R_2I^2 + jX_LI^2 - jX_CI^2 + \\ + R_3I^2 = P_1 + P_2 + jQ_L - jQ_C + P_3 \quad (2.5)$$

Строят (раздельно) векторную топографическую диаграмму напряжений, диаграмму сопротивлений и мощностей на комплексной плоскости в соответствии с данными вычислений по формулам (2.4), (2.2), (2.5).

Комплексной плоскостью называется плоскость, проходящая через две взаимно-перпендикулярные оси, ось вещественных и ось мнимых чисел.

При построении диаграммы (например, напряжений) первоначально откладывают в масштабе ($m_1$) комплекс тока $\dot{I} = I(\psi_1)$ в положительном направлении оси вещественных чисел, затем откладывают в масштабе ($m_u$) напряжения $U_{R1}$, $U_{R2}$, $+jU_L$, $U_{R3}$, $-jU_C$. Замыкающий вектор U является вектором напряжения, приложенного к цепи. Он опережает по фазе ток при $X_L > X_C$ ($\varphi>0$) и отстает по фазе от тока при $X_L < X_C$ ($\varphi<0$).

На рис.2.1,а, рис.2.1,в, рис.2.1,с построены, соответственно диаграмма сопротивлений, векторная топографическая диаграмма напряжений и диаграмма мощностей для произвольно принятый значений сопротивлений цепи.

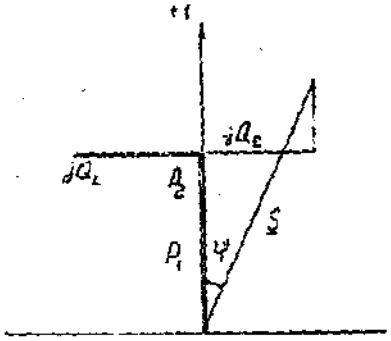


Рис. 2.1,с

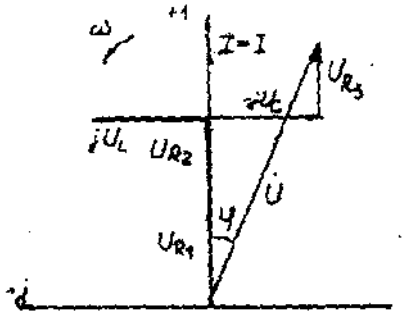


Рис. 2.1,в

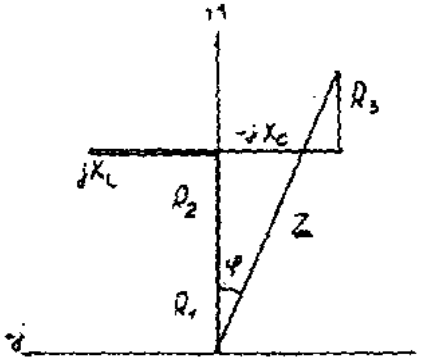


Рис. 2.1,а

## 2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока

На рис. 2.2 представлена разветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.2 приведены в табл. 2.2.

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение проводимостей. Построить диаграмму проводимостей.

2. Составить комплексное уравнение токов, построить векторную лиаграмму токов. Записать ток на входе цепи а алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

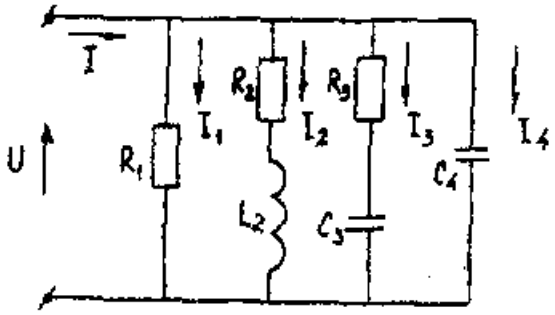


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют комплексы проводимостей параллельных ветвей

$$\underline{Y}_1 = 1/\underline{Z}_1 = 1/R_1 = g_1$$
$$\underline{Y}_2 = 1/\underline{Z}_2 = 1/(R_2 + jX_{L2}) = R_2/Z_2^2 - jX_{L2}/Z_2^2 = g_2 - jb_{L2} \quad (2.6)$$
$$\underline{Y}_3 = 1/\underline{Z}_3 = 1/(R_3 - jX_{C3}) = R_3/Z_3^2 - jX_{C3}/Z_3^2 = g_3 - jb_{C3}$$
$$\underline{Y}_4 = 1/\underline{Z}_4 = 1/(-jX_{C4}) = jb_{C4}$$

где $g_1$, $g_2$, $g_3$, $b_{L2}$, $b_{C3}$, $b_{C4}$ — активная, активная, индуктивная, активная, емкостная, емкостная проводимости ветвей рассматриваемой цепи, См.

Вычисляют полную проводимость цепи в комплексной форме

$$\underline{Y} = g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \quad (2.7)$$

Записывают комплекс напряжения, приложенного к цепи при начальной фазе $\psi_u = 0$ как $\dot{U} = U$

Вычисляют полный ток цепи в комплексной форме (по первому закону Кирхгофа), А

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = U\underline{Y} = U\begin{bmatrix} g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + \\ + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \end{bmatrix} = \quad (2.8)$$
$$= I_{a1} + (I_{a2} - jI_{L2}) + (I_{a3} + jI_{C3}) + jI_{C4}$$

Исходные данные к задаче

Таблица 2.2

| Вари-ант | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | L, Гн | C, мкФ | $R_3$, Ом | $U_{R1}$, В | $U_{R3}$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 3 | 4 | 16 | 12 | 25 | 100 |
| 2 | 10 | 8 | 6 | 16 | 12 | 20 | 100 |
| 3 | 16,7 | 6 | 8 | 12 | 16 | 16,7 | 100 |
| 4 | 20 | 16 | 12 | 4 | 3 | 10 | 100 |
| 5 | 25 | 12 | 16 | 3 | 4 | 25 | 100 |
| 6 | 5 | 12 | 16 | 4 | 3 | 20 | 100 |
| 7 | 10 | 16 | 12 | 3 | 4 | 16,7 | 100 |
| 8 | 16,7 | 6 | 8 | 16 | 12 | 10 | 100 |
| 9 | 20 | 8 | 6 | 6 | 8 | 5 | 100 |
| 10 | 25 | 3 | 4 | 6 | 8 | 5 | 100 |
| 11 | 5 | 4 | 3 | 16 | 12 | 10 | 100 |
| 12 | 10 | 4 | 3 | 12 | 16 | 16,7 | 100 |
| 13 | 16,7 | 3 | 4 | 8 | 6 | 20 | 100 |
| 14 | 20 | 8 | 6 | 4 | 3 | 25 | 100 |
| 15 | 25 | 6 | 8 | 12 | 16 | 25 | 100 |
| 16 | 5 | 16 | 12 | 8 | 6 | 20 | 100 |
| 17 | 10 | 16 | 12 | 6 | 8 | 16,7 | 100 |
| 18 | 16,7 | 12 | 16 | 3 | 4 | 10 | 100 |
| 19 | 20 | 12 | 16 | 6 | 8 | 10 | 100 |
| 20 | 25 | 6 | 8 | 3 | 4 | 5 | 100 |
| 21 | 10 | 6 | 8 | 12 | 16 | 10 | 100 |
| 22 | 16,7 | 16 | 12 | 16 | 3 | 5 | 100 |
| 23 | 20 | 12 | 6 | 4 | 8 | 15 | 100 |
| 24 | 25 | 8 | 6 | 3 | 4 | 20 | 100 |

Вычисляют полную мощность цели в комплексной форме

$$S = \dot{U} \cdot \dot{I} = U\left[I_{a1} + \left(I_{a2} + jI_{L2}\right) + \left(I_{a3} - jI_{C3}\right) + jI_{C4}\right] = \quad (2.9)$$
$$= P_1 + \left(P_2 + jQ_{L2}\right) + \left(P_3 - jQ_{C3}\right) - jQ_{C4}$$

где İ - сопряженный комплекс тока. Сопряженный комплекс — это исходный комплекс у которого знак мнимой составляющей меняется на противоположный.

В соответствии с данными вычислений по формулам (2.7), (2.8), (2.9) строят на комплексных плоскостях раздельно диаграммы проводимостей, токов и мощностей.

Первоначально откладывают в масштабе ($m_u$) комплекс напряжений $\mathring{U} = U$ ($\psi_u=0$) в положительном направлении оси вещественных чисел, затем (например для векторной диаграммы токов), откладывают в масштабе ($m_i$) токи $I_{a1}$, $I_{a2}$, $-jI_{L2}$, $I_{a3}$, $+jI_{C4}$. Полный ток цепи (замыкающий вектор) отстает по фазе от напряжения при $b_{L2} > (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi>0$) и опережает по фазе напряжение при $b_{L2} < (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi<0$)

На рис.2.2,а, рис.2.2,в, рис.2.2,с построенных, соответственно, диаграмма проводимостей, векторная диаграмма токов и диаграмма мощностей для произвольно принятых значений проводимостей цепи.

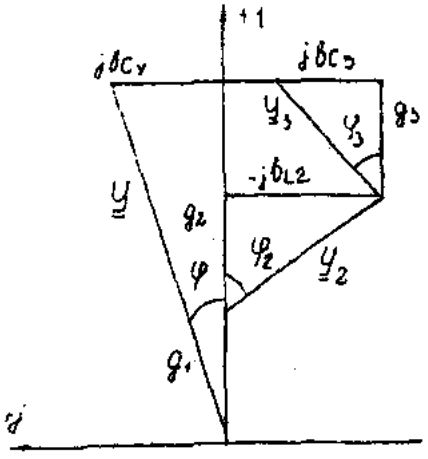



Рис. 2.2.а

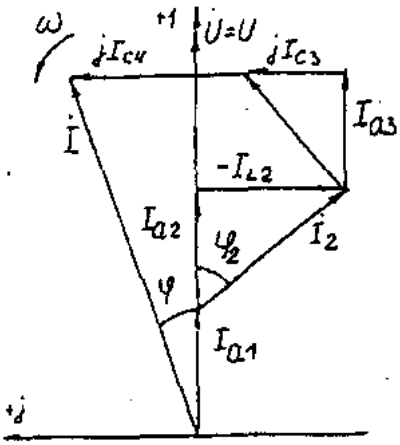



Рис. 2.2.в

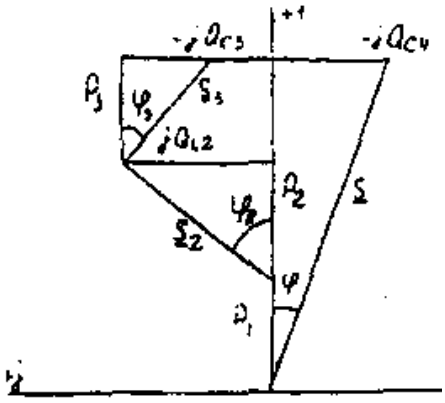



Рис. 2.2.с

## 2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы (табл. 2.3) с известными параметрами (табл. 2.4) определить токи в ветвях и полный ток, напряжение на участках цепи, мощности активные, реактивные и полные отдельных ветвей и всей цепи. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

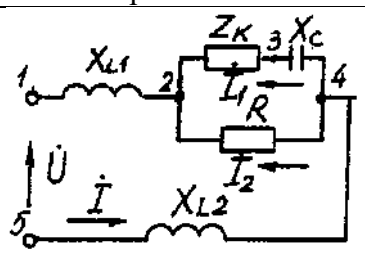
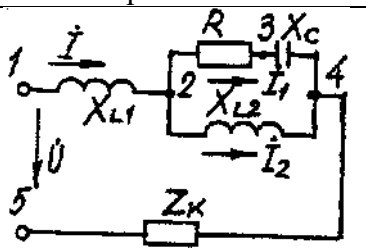
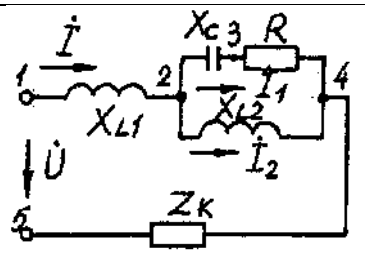
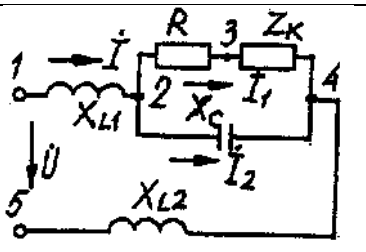
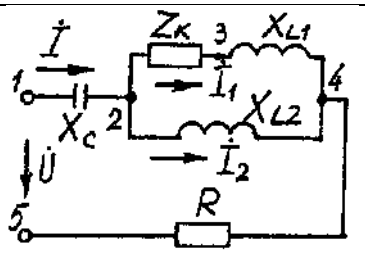
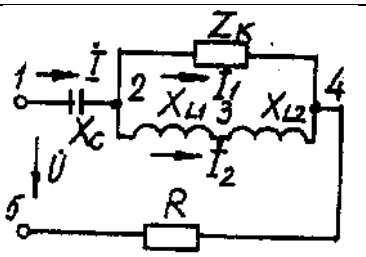
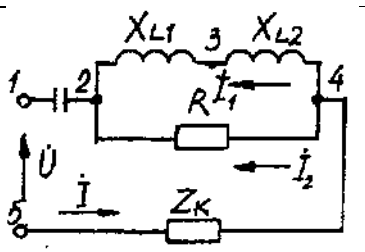
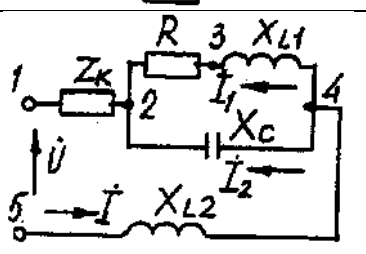
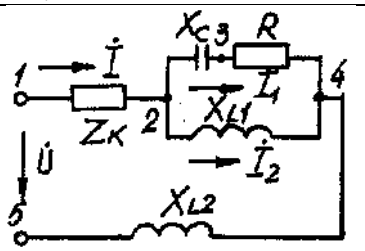
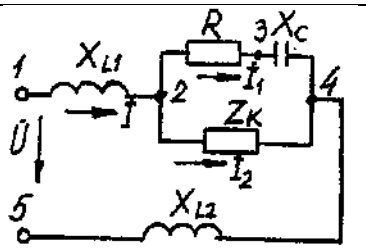
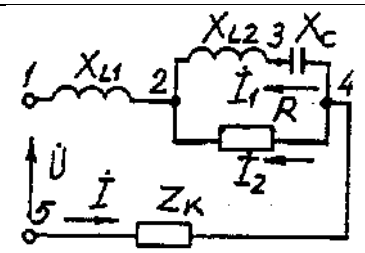
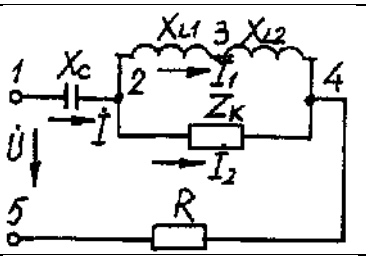
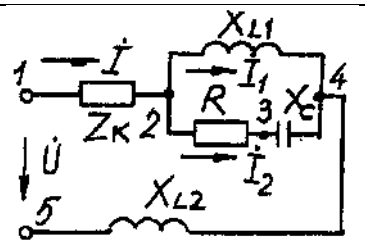
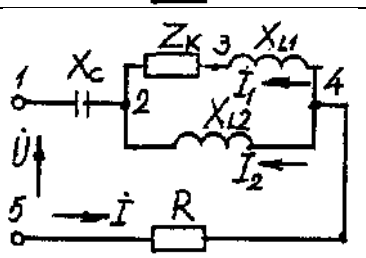
**Методические указания.**

Решить задачу, используя символический метод расчета для действующих значений напряжений и токов.

Вектор приложенного к цепи напряжения рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $U=U$.

Заданную задачу, можно решить, используя метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа, метод преобразования электрической схемы или другие известные методы.

Таблица 2.3.

| № | Схема варианта | № | Схема варианта |
|---|---|---|---|
| 1 |  | 13 |  |
| 2 |  | 14 |  |
| 3 |  | 15 |  |
| 4 |  | 16 |  |
| 5 |  | 17 |  |
| 6 |  | 18 |  |
| 7 |  | 19 |  |

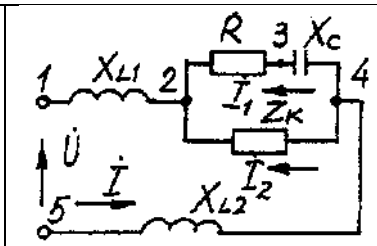
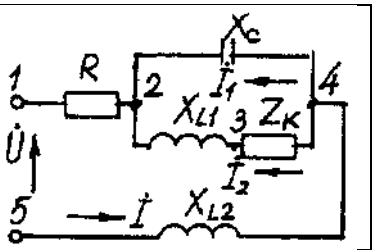
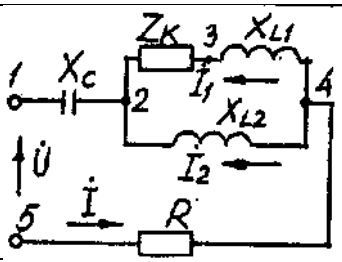
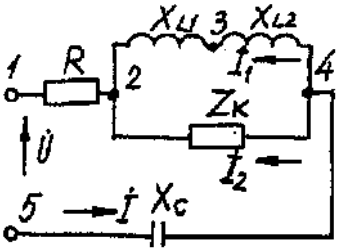
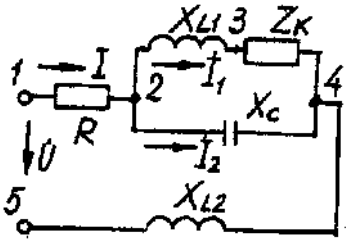
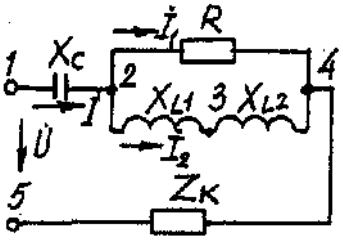
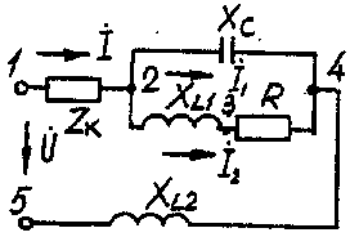
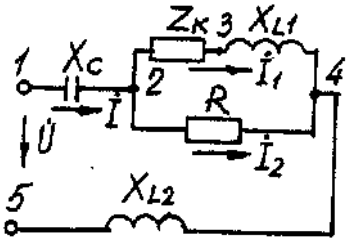
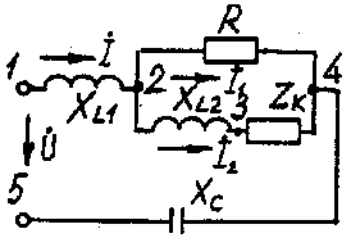
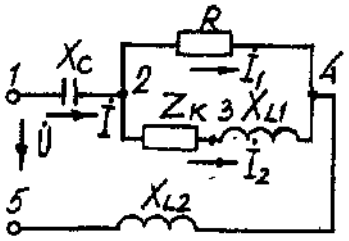
| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 |  | 20 |  |
| 9 |  | 21 |  |
| 10 |  | 22 |  |
| 11 |  | 23 |  |
| 12 |  | 24 |  |

Таблица 2.4

| Номер вариа-нта | Значение параметров | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | U, В | R, Ом | $X_{L1}$, Ом | $X_{L2}$, Ом | $X_C$, Ом | $R_K$, Ом | $X_{LK}$, Ом |
| 1 | 160 | 18 | 23 | 10 | 8 | 15 | 7 |
| 2 | 180 | 30 | 23 | 18 | 43 | 13 | 12 |
| 3 | 200 | 12 | 46 | 31 | 18 | 10 | 20 |
| 4 | 260 | 2 | 14 | 27 | 13 | 9 | 12 |
| 5 | 100 | 14 | 12 | 15 | 31 | 21 | 14 |
| 6 | 380 | 19 | 16 | 27 | 15 | 15 | 16 |
| 7 | 140 | 13 | 62 | 3 | 35 | 12 | 22 |
| 8 | 120 | 8 | 25 | 3 | 14 | 10 | 11 |
| 9 | 220 | 3 | 8 | 26 | 4 | 6 | 33 |
| 10 | 20 | 16 | 40 | 25 | 44 | 6 | 7 |
| 11 | 400 | 16 | 2 | 35 | 55 | 11 | 16 |
| 12 | 240 | 31 | 7 | 23 | 14 | 2 | 7 |
| 13 | 320 | 19 | 22 | 10 | 17 | 9 | 12 |
| 14 | 380 | 20 | 19 | 20 | 23 | 9 | 42 |
| 15 | 60 | 21 | 63 | 7 | 29 | 8 | 37 |
| 16 | 40 | 44 | 32 | 12 | 54 | 16 | 10 |
| 17 | 300 | 35 | 36 | 27 | 33 | 71 | 27 |
| 18 | 280 | 11 | 51 | 14 | 7 | 21 | 34 |
| 19 | 80 | 13 | 64 | 82 | 25 | 12 | 46 |
| 20 | 240 | 16 | 42 | 11 | 91 | 46 | 9 |
| 21 | 100 | 16 | 18 | 23 | 13 | 10 | 24 |
| 22 | 200 | 7 | 5 | 18 | 38 | 14 | 20 |
| 23 | 180 | 21 | 22 | 14 | 25 | 6 | 11 |
| 24 | 160 | 24 | 92 | 46 | 85 | 27 | 10 |

**Пример решения задачи**

Для заданной электрической цепи (рис. 2.3) с параметрами: U=100 В; $R_к$ =6 Ом; $X_{L1}$= 6 Ом; $R_1$ = 8 Ом; $X_C$=6 Ом; $X_C$=10 Ом; $X_{L2}$ =11 Ом определить токи в ветвях, напряжения на участках цепи, активные, реактивные и полные мощности. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

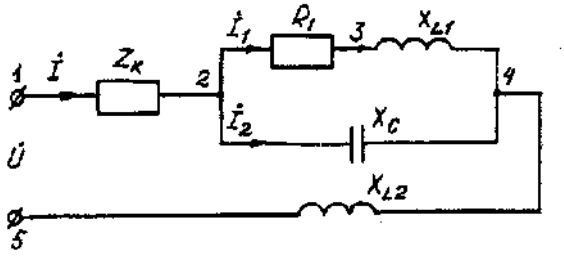



Рис. 2.3. Схема электрической цепи

Задаемся условным положительным направлением токов в ветвях. Выбираем два независимых контура (1-2-3-4-5-1, 2-3-4-2). Для определения трех неизвестных токов *(İ, $İ_1$, $İ_2$)*, составляем систему (2.1) из трех уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа (одно по первому и два по второму законам) в комплексной форме:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(R_к + jX_{Lк}) + \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}\,jX_{L2} = \dot{U}; \\ \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) - \dot{I}_2(-jX_C) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.10)$$

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(6 + j6) + \dot{I}_1(8 + j6) + \dot{I}\,j11 = 100; \\ \dot{I}_1(8 + j6) - \dot{I}_2(-j10) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.11)$$

Определяем токи в ветвях, решая систему уравнений(2.11), А

$İ_1=(-1-j5,5)=5,59e^{-j100°}$,

$İ_2=(5-j2,5)=5,59e^{j27°}$,

$İ=(4-j3)=5e^{-j37°}$А.

Определяем падения напряжения на отдельных участках цепи, В:

$\mathring{U}_{12}=İ*\underline{Z}_К=(4-j3)(6+j6)=(42+j6)=42,4e^{j8°}$;

$\mathring{U}_{23}=İ_1*R_1=(-1-j5,5)8=(8-j44)=42^{-j100°}$;

$\mathring{U}_{34}=İ_1*jX_{L1}=(-1-j5,5)j6=(33-j6)=33,54e^{-j10°}$;

$\mathring{U}_{24}=(25-j50)=55,9e^{-j63°}$;

$\mathring{U}_{45}=İ*jX_{L2}=(4-j3)j11=(33+j44)=55e^{53°}$.

Проверка решений, В:

$\mathring{U} = \mathring{U}_{12} + \mathring{U}_{23} + \mathring{U}_{34} + \mathring{U}_{45} = 100$.

Определяем мощности, ВА:

$\underline{S}_{12}= \mathring{U}_{12}\cdot Ï=42,4\ e^{j8°}\cdot 5e^{j37°}=212e^{j45°}=150+j150$ ;

$\underline{S}_{24} = \mathring{U}_{24}Ï_1 + \mathring{U}_{24}\cdot Ï_2=55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{j100°}+55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{-j27°}=313e^{j37°}+313e^{-j90°}=250+j188-j313;$

$\underline{S}_{45}= \mathring{U}_{45}\cdot Ï=55\ e^{j53°}\cdot 5e^{j37°}=275e^{j90°}=j275$ ;

$\underline{S} = \underline{S}_{12} + \underline{S}_{24} + \underline{S}_{45}=150+j150+250+j188-j313+j275=400+j613-j313=P+jQ_L - jQ_C.$

$\underline{S} = \mathring{U}\cdot Ï=100\ 5e^{j37°}=500e^{j37°}=(400+j300).$

где *Ï*- сопряженные комплексы токов.

Строим векторные диаграммы токов и напряжений (рис. 2.4).

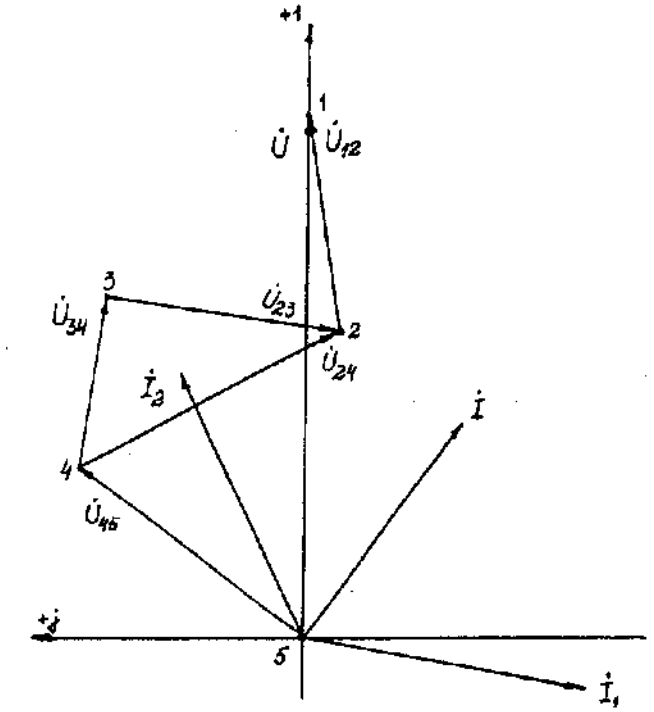



Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

# Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

## 3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой

| Номер вариа-нта | Значения параметров | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_A$, В | Сопротивление фазы «a», Ом | | | Сопротивлени е фазы «b», Ом | | | Сопротивление фазы «c», Ом | | |
| | | R | $X_L$ | $X_C$ | R | $X_L$ | $X_C$ | R | $X_L$ | $X_C$ |
| 1 | 127 | 10 | - | - | - | - | 127 | 3 | 4 | - |
| 2 | 127 | 3 | - | 4 | 10 | - | - | - | 12,7 | - |
| 3 | 127 | - | - | 10 | 4 | 3 | - | 12,7 | - | - |
| 4 | 127 | 3 | 4 | - | - | - | 10 | 12,7 | - | - |
| 5 | 220 | 20 | - | - | 6 | 8 | - | 12 | - | 16 |
| 6 | 220 | - | - | 22 | 20 | - | - | 16 | 12 | - |
| 7 | 220 | 20 | - | - | 6 | 8 | . | 8 | - | 6 |
| 8 | 220 | 20 | - | - | 16 | - | 12 | 12 | 16 | - |
| 9 | 380 | 50 | - | - | - | - | 30 | - | - | 190 |
| 10 | 380 | - | - | 50 | 16 | 12 | - | - | - | 38 |
| 11 | 380 | 12 | 16 | - | 38 | - | - | 16 | 12 | - |
| 12 | 380 | 38 | - | - | 15 | - | 20 | 20 | 20 | - |
| 13 | 127 | - | - | 12,7 | 10 | - | - | 4 | 3 | . |
| 14 | 127 | 12,7 | - | - | 4 | 3 | - | б | - | 8 |
| 15 | 127 | 3 | 4 | - | - | - | 10 | - | - | 12,7 |
| 16 | 127 | 8 | 6 | - | 3 | - | 4 | 12,7 | - | - |
| 17 | 220 | 20 | - | - | - | - | 22 | 8 | б | - |
| 18 | 220 | 6 | - | 8 | 22 | - | - | - | - | 22 |
| 19 | 220 | 16 | 12 | - | - | - | 20 | 22 | - | - |
| 20 | 220 | - | - | 22 | - | - | 22 | 22 | - | - |
| 21 | 380 | 38 | - | - | - | - | 38 | - | 38 | - |
| 22 | 380 | - | 10 | - | 16 | 12 | - | 38 | - | - |
| 23 | 380 | 20 | - | - | - | - | 20 | - | 20 | - |
| 24 | 380 | 38 | - | - | 20 | 15 | - | 15 | - | 20 |

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы (рис. 3.1) с известными параметрами (табл. 3.1) определить токи и напряжения в четырехпроводной цепи. Вычислить активную, реактивную и полную мощности цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

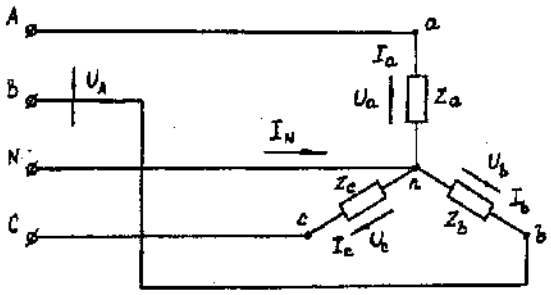



Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

Определить фазные напряжения и токи после обрыва нейтрального провода. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Для четырехпроводной звезды напряжения фаз генератора (источника) и приемника принять равными (т. е. пренебречь потерями в соединительных проводах).

Вектор напряжения фазы "А" генератора рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел *($\mathring{U}_A = U$).*

Трехфазную систему фазных и линейных напряжений генератора принять симметричной (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга на 120°).

**Пример решения задачи**

Трехфазная нагрузка включена четырехпроводной звездой. Фазное напряжение генератора $\mathring{U}_A$ = 220 В; $\underline{Z}_a$= 22 Ом; $\underline{Z}_b$ = (16 +j12) =$20e^{j37^\circ}$ Ом; $\underline{Z}_c=(12-j16)=20e^{-j53^\circ}$ *Ом.*

Определить токи в фазах и нейтральном проводе, мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов. Решение произвести для двух режимов:

а) нейтральный провод исправен; б) нейтральный провод оборван.

*а). Нейтральный провод исправен.*

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A$=220В;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B = 220e^{-j120^\circ} = (-110-j190)$ *В;*

$\mathring{U}_c = \mathring{U}_C = 220e^{j120}(-110+j190)$ *В.*

$\dot{I}_a = \mathring{U}_a/\underline{Z}_a = 220/22 = 10$ *А;*

$\dot{I}_b = \mathring{U}_b/\underline{Z}_b = 220e^{-j120^\circ}/20e^{j37^\circ} = 11e^{-j157^\circ} = (-10,13-j4,3)$ *А;*

$\dot{I}_c = \mathring{U}_c/\underline{Z}_c = 220e^{j120^\circ}/20e^{-53^\circ} = 11e^{j173^\circ} = (-10,92+j1,34)$ *А.*

$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 10+(-10,13-j4,3)+(-10,92+j1,34) = (-11,05-j2,96) = 11,44e^{-j165^\circ}$ *А.* (3.1)

$\underline{S}^{(3)} = \underline{S}_a + \underline{S}_b + \underline{S}_c = \mathring{U}_a\dot{I}_a + \mathring{U}_b\dot{I}_b + \mathring{U}_c\dot{I}_c = 220*10+220e^{-120^\circ}11e^{j157^\circ}+220e^{j120^\circ}11e^{j173^\circ} = 2200+2420e^{j37^\circ}+2420e^{-j53^\circ} = 2200+(1933+j1456)+(1456-j1933) = (5589-j477) = 5610e^{-j5^\circ}$ *ВА.*

Векторная диаграмма напряжений и токов представлена на рис. 3.2.

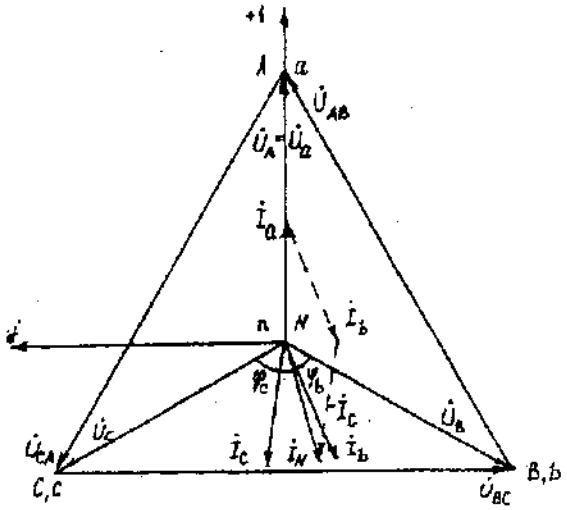



Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

*б). Нейтральный провод оборван.*

Четырехпроводная звезда преобразуется в трехпроводную звезду, поэтому между нейтральными точками генератора и несимметричной нагрузки появляется напряжение смещения $U_{nN}$, вычисляемое по формуле:

$U_{nN}=(U_A\underline{Y}_a+ U_B\underline{Y}_b + U_C\underline{Y}_c)/(\underline{Y}_a+ \underline{Y}_b + \underline{Y}_c)$. (3.2)

Проводимости фаз нагрузки, См

$\underline{Y}_a$ =1/$Z_a$= 1/22 =0,045;

$\underline{Y}_b = 1/ Z_b = 1/ 20e^{j37^\circ} = 0,05e^{-j37^\circ}=(0,04 –j0,03)$;

$\underline{Y}_c = 1/ Z_c = 1/20e^{-j53^\circ} = 0,05e^{j53^\circ} = (0,03 +j0,04)$.

Вычисления упрощаются, если в числителе формулы (3.2) использовать значение $I_N$ из предыдущего расчета при исправном нейтральном проводе

$\mathring{U}_{nN}$ = (-11,05 -j2,96) / [ 0,045 + (0,04 -j0,03) + (0,03 +j0,04)] = $11,44e^{-j165^\circ}/0,1154e^{j5^\circ}=99e^{-j170^\circ}$ = (-97,5 -j17,2) В.

Вычисляем напряжения фаз нагрузки, В

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A - \mathring{U}_{nN}= 220-(-97,5 -j17,2) = (317,5 +j17,2)=318\ e^{j3^\circ}$;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B - \mathring{U}_{nN}=(-110 -j190)-(-97,5 -j17,2)=(-12,5 -j172,8)=173,3e^{-j94^\circ}$;

$\mathring{U}_c=\mathring{U}_C - \mathring{U}_{nN}= (-110+j190) - (-97,5 -j17,2)=(-12,5+j207,2)=207,4e^{j94^\circ}$.

Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки представлена на рис. 3.3.

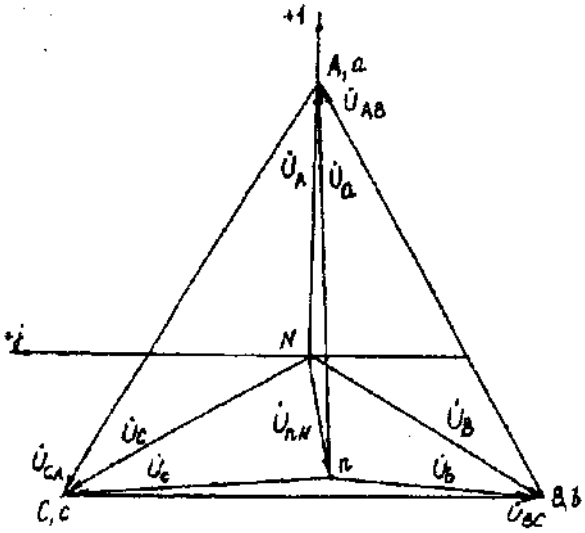



Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

## 3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

| Номер вариа-нта | Значения параметров | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_A$, В | Сопротивление фазы «a», Ом | | | Сопротивление фазы «b», Ом | | | Сопротивление фазы «c», Ом | | |
| | | R | $X_L$ | $X_C$ | R | $X_L$ | $X_C$ | R | $X_L$ | $X_C$ |
| 1 | 220 | 6 | 8 | - | - | - | 20 | 22 | - | - |
| 2 | 220 | 20 | - | - | 12 | 16 | - | 16 | - | 12 |
| 3 | 220 | - | - | 10 | 3 | - | 4 | 8 | 6 | - |
| 4 | 220 | - | 22 | - | - | - | 22 | 22 | - | - |
| 5 | 380 | 19 | - | . | 12 | - | 16 | 20 | 15 | - |
| б | 380 | - | - | 38 | 15 | - | 20 | 20 | - | - |
| 7 | 380 | 20 | 15 | - | 38 | - | - | 24 | - | 32 |
| 8 | 380 | - | 38 | - | - | - | 38 | 38 | - | - |
| 9 | 220 | - | - | 22 | - | 22 | - | 22 | - | - |
| 10 | 220 | 20 | - | - | 20 | - | - | - | - | 20 |
| 11 | 220 | - | - | 10 | 6 | 8 | . | 8 | - | б |
| 12 | 220 | 3 | 4 | - | - | - | 5 | 4 | 3 | - |
| 13 | 380 | 12 | 16 | - | 16 | - | 12 | 20 | - | - |
| 14 | 380 | - | - | 19 | 19 | - | - | - | 19 | - |
| 15 | 380 | - | 38 | - | - | - | 38 | 38 | - | - |
| 16 | 380 | 20 | 15 | - | 15 | - | 20 | 20 | - | - |
| 17 | 220 | - | - | 20 | 20 | - | . | - | 20 | - |
| 18 | 220 | 12 | - | 16 | 16 | 12 | - | 20 | - | - |
| 19 | 220 | - | - | 5 | 6 | 8 | - | 8 | - | б |
| 20 | 220 | 6 | 8 | - | 8 | - | 6 | 10 | - | - |
| 21 | 380 | 24 | 32 | - | 19 | . | - | 32 | - | 24 |
| 22 | 380 | - | - | 38 | 32 | 24 | - | 24 | . | 32 |
| 23 | 380 | 38 | - | - | - | 38 | - | - | - | 38 |
| 24 | 380 | - | 38 | - | 24 | - | 32 | 19 | - | - |

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы (рис. 3.4) с известными параметрами (табл. 3.2) определить линейные и фазные токи.

Вычислить активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

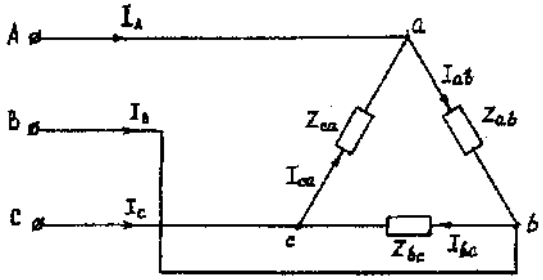



Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

**Методические указания.**

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Фазные напряжения приемника принять равными линейным напряжениям генератора (т. е. сопротивлениями соединенных проводов пренебречь).

Вектор линейного напряжения $\mathring{U}_{AB}$ рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}$

Трехфазную систему линейных и фазных напряжений генератора и приемника принять как симметричную трехфазную систему напряжений (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120°).

**Последовательность решения.**

Начертить схему, конкретизируя нагрузку фаз приемника в соответствии с заданием.

Записать комплексы фазных напряжений приемника

$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=U$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=Ue^{-j120°}$$
$$\mathring{U}_{ca}=\mathring{U}_{CA}=Ue^{j120°}$$

Вычислить фазные токи приемника по формулам:

$$\dot{I}_{ab}=\mathring{U}_{ab}/\underline{Z}_{ab};$$
$$\dot{I}_{bc}=\mathring{U}_{bc}/\underline{Z}_{bc};$$
$$\dot{I}_{ca}=\mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}.$$

Вычислить линейные токи по формулам:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}.$$

Вычислить активную мощность цепи по формуле

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

**Пример решения задачи**

Трехфазная нагрузка соединена треугольником. Задано линейное напряжение генератора $\mathring{U}_{AB}$ = 380В, $\underline{Z}_{ab} = 22$ *Ом,* $\underline{Z}_{bc}$=(16 +j12) Ом, $Z_{CA}$ = (16 *–j12)* Ом. Определить фазные и линейные токи, активную мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Записываем комплексы фазных напряжений приемника, В

$$\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}=380;$$
$$\mathring{U}_{bc}= \mathring{U}_{BC}=380e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{ca}= \mathring{U}_{CA}=380e^{j120°}.$$

Вычисляем фазные токи приемника по формулам, А:

$$\dot{I}_{ab}= \mathring{U}_{ab}/ \underline{Z}_{ab}=380/22=17,3;$$
$$\dot{I}_{bc}= \mathring{U}_{bc}/ \underline{Z}_{bc}=380e^{-j120°}/(16+j12)=(-17,5-j7,5)=19e^{-j157°};$$
$$\dot{I}_{ca}= \mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}=380e^{j120°}/(16-j12)=(-17,5+j7,5)=19e^{j157°.}$$

Вычисляем линейные токи по формулам, А:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca}17,3-(-17,5+j7,5)=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j12°};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab}=(-17,5+j7,5)-17,3=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j168°};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}=(-17,5+j7,5)- (-17,5+j7,5)=j15.$$

Вычисляем активную мощность цепи по формуле , Вт:

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$$

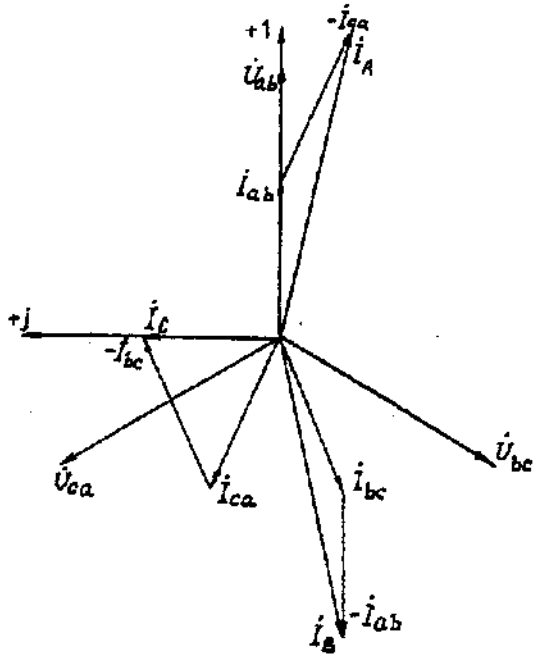



Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

# Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

| Номер вариан-та | Исходные данные | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_Л$, В | $Z_{Л1}$, Ом | $Z_{Л2}$, Ом | $Z_2$, Ом | $P_1$, кВт | $\cos\varphi_1$ |
| 1 | 127 | 0,8 | 1,4+ j1,0 | 4+ j6 | 3 | 0,7 |
| 2 | 220 | 0,9 | 1,2+j1,4 | 6+j8 | 5 | 0,5 |
| 3 | 380 | 0,7 | 1,6+j1,4 | 9+j12 | 6 | 0,8 |
| 4 | 660 | 0,2 | 1,8+j2,0 | 16+j16 | 18 | 0,9 |
| 5 | 127 | 1,2 | 1,0+j1,4 | 4+ j3 | 4 | 0,5 |
| б | 220 | 1,1 | 1,4+j1,2 | 6+j10 | б | 0,6 |
| 7 | 380 | 0,9 | 1,6+j1,2 | 10+j14 | 8 | 0,7 |
| 8 | 660 | 0,7 | 1,8+j1,6 | 18+j16 | 16 | 0,8 |
| 9 | 127 | 1,0 | 1,2+j1,0 | 2+ j3 | 3 | 0,5 |
| 10 | 220 | 1,3 | 1,4+j1,8 | 7+ j6 | б | O,5 |
| 11 | 380 | 0,8 | 1,0+j1,8 | 12+j16 | 10 | 0,5 |
| 12 | 660 | 0,3 | 1,8+j1,4 | 16+j20 | 14 | 0,7 |
| 13 | 127 | 1,4 | 1,4+j2,0 | 5+ j3 | 4 | 0,6 |
| 14 | 220 | 1,5 | 1,6+j1,0 | 8+j6 | 5 | 0,6 |
| 15 | 380 | 0,6 | 1,2+j1,6 | 16+j8 | 8 | 0,6 |
| 16 | 660 | 0,4 | 1,8+j1,2 | 20+j20 | 12 | 0,6 |
| 17 | 127 | 0,6 | 1,0+j1,6 | 5+j4 | 2 | 0,5 |
| 18 | 220 | 1,6 | 1,2+j2,0 | 9+ j6 | 8 | 0,5 |
| 19 | 380 | 0,5 | 1,8+j1,0 | 12+j10 | 14 | 0,8 |
| 20 | 660 | 0,5 | 1,6+j2,0 | 20+j24 | 10 | 0,6 |
| 21 | 127 | 0,4 | 1,2+j1,8 | 6+j4 | 2 | 0,7 |
| 22 | 220 | 1,8 | 1,2+j1,6 | 9+j7 | 7 | 0,8 |
| 23 | 380 | 0,7 | 1,0+j1,2 | 14+j10 | 12 | 0,8 |
| 24 | 660 | 0,6 | 1,6+j1,8 | 18+j24 | 16 | 0,7 |

**Условие задачи.**

К зажимам симметричного трехфазного источника энергии присоединены два симметричных приемника (рис. 4.1). Первый из них соединен по схеме «звезда», потребляет активную мощность $P_1$ при коэффициенте мощности $\cos\varphi$ ($\varphi_1 > 0$) и подключен непосредственно к зажимам источника. Второй приемник соединен по схеме "треугольник", имеет нагрузку в каждой фазе $Z_2$ и подключен к источнику энергии через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л2}$.

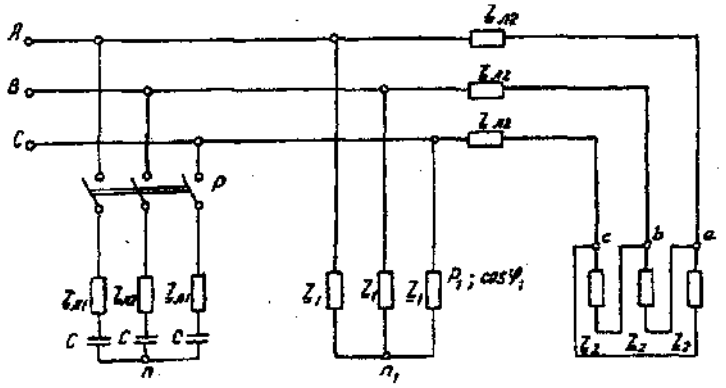


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

Для повышения коэффициента мощности приемников до единицы к тому же источнику через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л1}$ в каждой фазе подключается батарея конденсаторов С, соединенная по схеме "звезда".

Определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

**Методические указания.**

Задачу решить комплексным методом, совместив один из векторов фазного или линейного напряжений источника энергии с положительным направлением оси вещественных чисел. Для определения линейных и фазных токов и напряжений второго приемника рекомендуется провести эквивалентные преобразования треугольника в звезду.

Последовательность решения.

Записать линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме. Провести соответствующие эквивалентные преобразования второго приемника. Определить линейные токи приемников при отключенной батарее конденсаторов. Определить падение напряжений в проводах линии электропередачи $Z_{Л2}$. Определить фазные токи второго приемника. Определить реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы. Определить емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Определить линейные токи источника энергии при включении батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника энергии и приемников.

**Пример решения задачи**

Для заданной электрической схемы трехфазных потребителей (рис. 4.1) по известным параметрам: $U_Л$= 220 В; $\underline{Z}_{Л1}$= 1,7 Ом; $\underline{Z}_{Л2}$= (1,4+j1,6) Ом; $\underline{Z}_2$= (9+j7) Ом; $P_1$= 4 Вт; cos $\varphi_1$=0,7; определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии.

1. Выразим линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме, В

$$U_ф=\frac{U_Л}{\sqrt{3}}=\frac{220}{\sqrt{3}}=127.$$

Вектор фазного напряжения источника венных чисел, тогда, В

$\mathring{U}_A$ направим по оси вещественных чисел, тогда, В

$$\mathring{U}_A=\mathring{U}_Ф=127;$$
$$\mathring{U}_B=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_C=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{AB}=\mathring{U}_A-\mathring{U}_B=127\cdot 127\cdot e^{-j120°}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{CA}=\mathring{U}_C-\mathring{U}_A=127\cdot e^{j120°}-127=220e^{j150}.$$

2. Преобразуем треугольник сопротивлений *a,b, c* второго приемника (рис. 4.2) в эквивалентную звезду, Ом

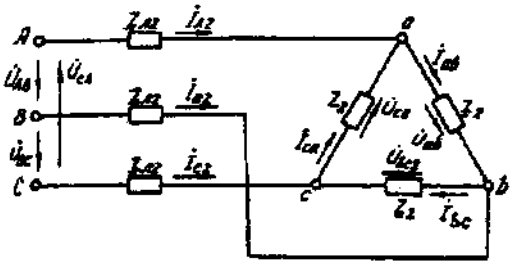


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

Поскольку приемник симметричный, то сопротивление фазы эквивалентной звезды в три раза меньше сопротивления фазы треугольника.

Для симметричных приемников, соединенных в звезду, потенциалы нулевых точек должны быть одинаковыми. В связи с этим дальнейший расчет выполним для одной фазы (фазы А) (рис. 4.3).

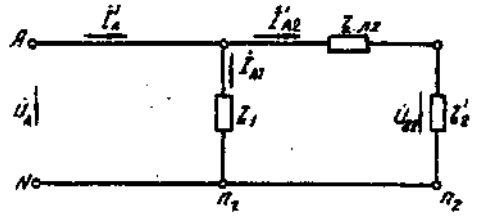


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

Полное сопротивление фазы эквивалентной звезды с учетом сопротивления линия $Z_{Л2}$ равно, Ом.

3. Определить линейные и фазные токи и напряжения второго приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Фазные токи эквивалентной звезды, А:

$$\dot{I}_{A2}=\frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_2}=\frac{12}{5{,}9e^{j41°48'}}=21{,}52e^{-j41°48'};$$

$$\dot{I}_{B2}=21{,}52e^{-j161°48'};$$

$$\dot{I}_{C2}=21{,}52e^{-j78°12'}.$$

Фазные токи эквивалентной звезды (рис. 4.4) равны линейным токам треугольника второго приемника (см. рис. 4.2).

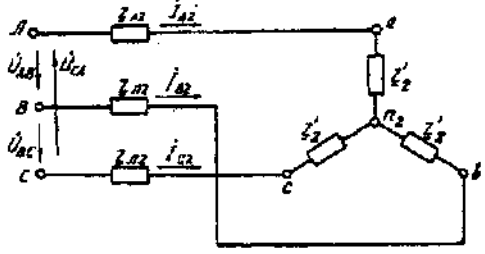


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127-21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{ab2}=\dot{U}_{a2}-\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j3°55'}-81{,}78e^{-j123°55'}=141{,}65e^{j26°05'};$

$\dot{U}_{bc2}=\dot{U}_{b2}-\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{-j123°55'}-81{,}78e^{-j116°05'}=141{,}65e^{-j93°55'};$

$\dot{U}_{ca2}=\dot{U}_{c2}-\dot{U}_{a2}=81{,}78e^{j116°05'}-81{,}78e^{-j3°55'}=141{,}65e^{j146°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды равны фазным напряжениям треугольника сопротивлений второго приемника (см. рис. 4.2). Фазные токи второго приемника, А:

$$\dot{I}_{ab}=\frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_2}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{9+j7}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{11{,}4e^{j37°52'}}=12{,}42e^{-j11°47'};$$

$$\dot{I}_{bc}=12{,}42e^{-j131°47'};$$

$$\dot{I}_{ca}=12{,}42e^{-j108°13'}.$$

Полная мощность одной фазы второго приемника с учетом сопротивления линии электропередачи $\underline{Z}_{Л2}$ равна, ВА:

$$S_2=U_A\cdot I_{A2}=127\cdot 21{,}52e^{j41°48'}=2733e^{j41°48'}=(2037+j1822);$$

$$P_г=2037\text{ Вт};\ Q_2=1822\text{ ВА}.$$

4. Определим линейные и фазные напряжения и токи первого приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Так как первый приемник подключен напрямую к источнику электрической энергии ($Z_Л = 0$), то фазные и линейные напряжения приемника равны фазным и линейным напряжениям генератора, В:

$$\mathring{U}_{a1}=\mathring{U}_1=127;$$
$$\mathring{U}_{b1}=\mathring{U}_B=127e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{c1}=\mathring{U}_C=127e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=220e^{-j90°};$$
$$\mathring{U}_{ca1}=\mathring{U}_{CA}=220e^{j150°};$$

Для приемника, соединенного в звезду, фазные токи равны линейным $I_Ф=I_Л$. Определяем модуль фазного тока первого приемника, А:

$$I_Ф=\frac{P_1}{3U_Ф\cos\varphi_1}=\frac{4000}{3\cdot127\cdot0{,}7}=15$$

Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника:

$$\cos\varphi_1=0{,}7;\ \varphi_1=45°34',\ (\varphi_1>0).$$

Записываем выражения фазных токов первого приемника в комплексной форме. Так как угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника известен, то начальная фаза тока, например фазы А, равна

$$\Psi_{IA}=\Psi_{UA}-\varphi_1=0-45°34'=-45°34'$$

Следовательно,

$$\dot{I}_{A1}=15\cdot e^{-j45°34'};$$
$$\dot{I}_{B1}=15\cdot e^{-j165°34'};$$
$$\dot{I}_{C1}=15\cdot e^{-j74°26'};$$

Полная мощность одной фазы первого приемника:

$$\dot{S}_1=\dot{U}_A\cdot\dot{I}_{A1}=127\cdot15\cdot e^{j45°34'}=1905\ e^{j45°34'}=(1333+j360)\ ВА;$$
$$P_1=1333\text{кВт};\ Q_1=1360\ \text{В}\cdot\text{А}.$$

5. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при отключенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.3), А:

$$\dot{I}'_A=\dot{I}'_{A1}+\dot{I}'_{A2}=15\cdot e^{-j45°34'}+21{,}52e^{-j41°48'}=$$
$$=10{,}5-j10{,}7+16-j14{,}3=26{,}5-j25=36{,}5e^{-j43°21'};$$
$$\dot{I}'_B=36{,}5e^{-j163°21'};$$
$$\dot{I}'_C=36{,}5e^{-j79°39'}.$$

6. Определяем реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, ВА:

$$Q_c=Q_1+Q_2=1360+1822=3182.$$

7. Определяем емкостное сопротивление в фазе батареи конденсаторов, Ом:

$$Q_c=I^2X_c=\left(\frac{U}{z}\right)^2\cdot X_c=\frac{U^2X_c}{z^2}=\frac{U^2X_c}{R_{Л1}^2+X_c^2};$$

где $Z=\sqrt{R_{Л1}^2+X_c^2}$ - модуль полного сопротивления в фазе батарея конденсаторов с учетом сопротивления линии $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$.

$$X_c^2-\frac{U^2}{Q_c}X_c+R_{Л1}^2=0;$$

$$X_{c1,2}=\frac{U^2}{2Q_c}\pm\sqrt{\left(\frac{U^2}{2Q_c}\right)^2-R_{Л1}^2}=\frac{127^2}{2\cdot3182}\pm\sqrt{\left(\frac{127^2}{2\cdot3182}\right)^2-1{,}7^2}=(2{,}53\pm1{,}88);$$

$$X_{c1}=4{,}41;\ X_{c2}=0{,}65.$$

Следовательно, режиму полной компенсации реактивной мощности удовлетворяют два значения емкостного сопротивления. Принимаем большее, так как, во-первых, большему сопротивлению соответствует меньший ток в фазе батареи конденсаторов и, соответственно, меньшие потери активной мощности на сопротивлении $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$. Во-вторых, большее значе-

ние емкостного сопротивления определяет меньшую емкость батареи конденсаторов, необходимую для компенсации реактивной мощности приемников.

8. Определяем емкость в фазе батареи конденсаторов, Ф

$$C = \frac{1}{X_c \cdot \omega} = \frac{1}{X_c \cdot 2\pi f} = \frac{1}{4{,}41 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50} = 7{,}22 \cdot 10^{-4}$$

При этом полное сопротивление в фазе батареи конденсаторов с учетом сопротивления линии $Z_{л1}$ (рис. 4.5) равно, Ом:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

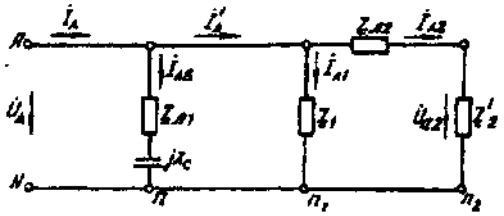


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

9. Определяем фазные токи батареи конденсаторов, А:

$$\dot{I}_{Аб} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_б} = \frac{127}{4{,}73e^{-j68°55'}} = 9{,}66 + j25 = 26{,}85e^{68°55'};$$

$$\dot{I}_{Вб}=26{,}85e^{j51°05'}\text{А};\ \dot{I}_{Сб}=26{,}85e^{j188°55'}.$$

10. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при включенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.5), А;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Аб}+I'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$
$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

Данные расчета показывают, что фазные токи и напряжения источника совпадают по фазе. Следовательно, параметр емкости С в фазе батареи конденсаторов, необходимый для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, выбран верно.

11. Строим векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для источника и приемников электрической энергии (рис. 4.6).

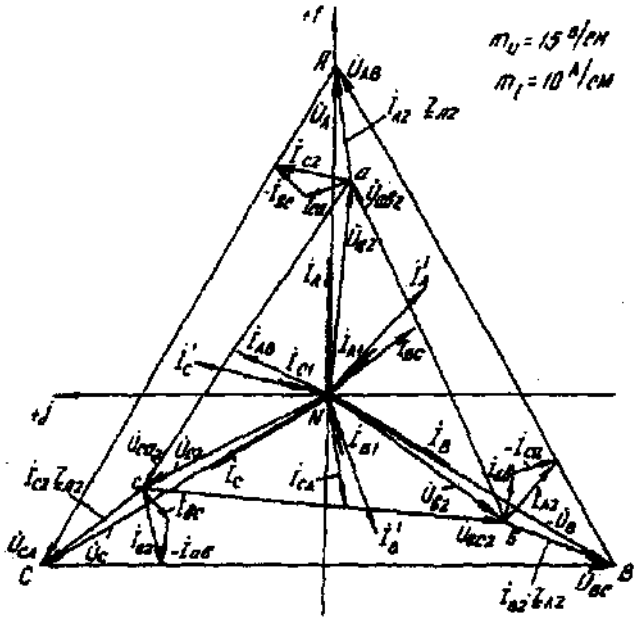


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

На комплексной плоскости откладываем комплексные значения токов (векторы токов) и напряжений (векторы напряжений) в выбранных предварительно масштабах. Наиболее удобными в рассматриваемом расчете являются: масштаб напряжений $m_U$ = 15 В/см и масштаб тока $m_I$ = 10 А/см. Векторы токов второго приемника направляем из вершин треугольника напряжений *a, b, c* . Все остальные векторы токов - из начала координат.

# Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

| Номер вариа-нта | Значение параметров | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | $R_3$, Ом | $R_4$, Ом | C, мкФ | L, мГн | U, В |
| 1 | 50 | - | 50 | - | 170 | - | 100 |
| 2 | 25 | 25 | 25 | - | . | 125 | 100 |
| 3 | 25 | 25 | 25 | - | 40 | - | 100 |
| 4 | 50 | 50 | 50 | - | - | 250 | 100 |
| 5 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | - | 100 |
| 6 | 50 | 50 | 50 | - | - | 250 | 100 |
| 7 | 25 | 25 | 25 | - | 180 | - | 100 |
| 8 | 50 | 50 | 50 | - | - | 125 | 100 |
| 9 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | - | 100 |
| 10 | 25 | 25 | 25 | - | - | 250 | 100 |
| 11 | 50 | 50 | 50 | - | 90 | - | 100 |
| 12 | 25 | 25 | 25 | - | - | 250 | 100 |
| 13 | 25 | 25 | - | - | 110 | - | 100 |
| 14 | 25 | 25 | - | - | - | 125 | 100 |
| 15 | 20 | 50 | 10 | 50 | - | 125 | 100 |
| 16 | 50 | 10 | 50 | 15 | 260 | - | 100 |
| 17 | 50 | 25 | 50 | - | - | 125 | 100 |
| 18 | 50 | 50 | 50 | - | 120 | - | 100 |
| 19 | 50 | 50 | 50 | - | - | 125 | 100 |
| 20 | 25 | - | 25 | - | 190 | - | 100 |
| 21 | 25 | 50 | 25 | - | - | 125 | 100 |
| 22 | 50 | 50 | 50 | - | - | 125 | 100 |
| 23 | 50 | 50 | 50 | - | 60 | - | 100 |
| 24 | 50 | 50 | 50 | - | 180 | - | 100 |

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы из табл. 5.1 с известными параметрами (табл. 5.2) рассчитать переходный процесс классическим и операторным методами, определить законы изменений токов и напряжений во времени. Построить эти зависимости.

**Последовательность решения классическим методом расчета.**

Составить систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для электрической цепи, получающейся после коммутации, при этом использовать соотношения $u_L = L\,di/dt$, $i = Cdu_c/dt$.

Подставить числовые значения заданных параметров в систему уравнений.

Решить систему уравнений относительно тока через индуктивность (напряжения на емкости), в результате получается неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением неоднородного дифференциального уравнения является сумма частного (принужденная составляющая) и общего (свободная составляющая) решения однородного дифференциального уравнения.

Принужденная составляющая определяется расчетом в послекоммутационной электрической цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая при решении однородных дифференциальных уравнений первого порядка определяется как

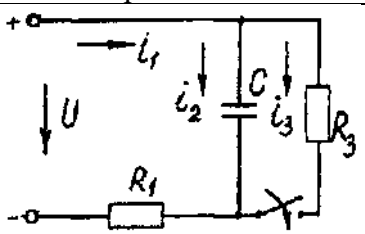
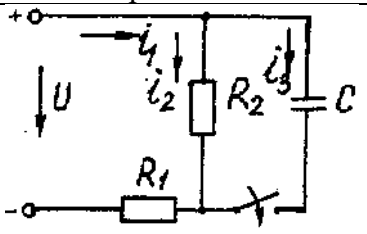
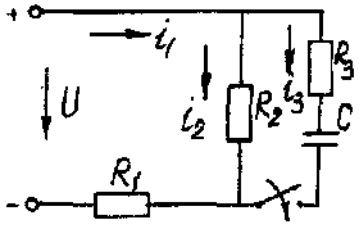
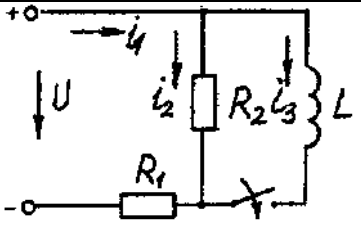
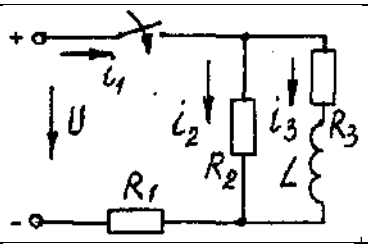
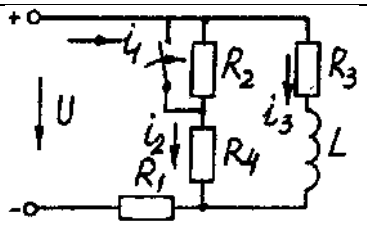
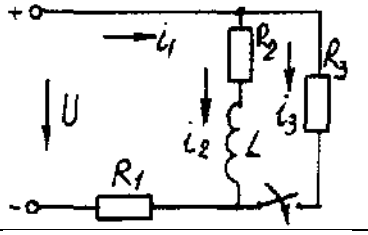
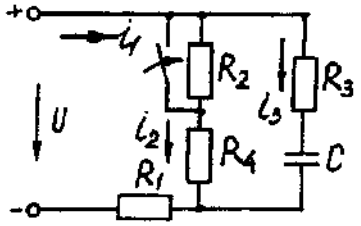
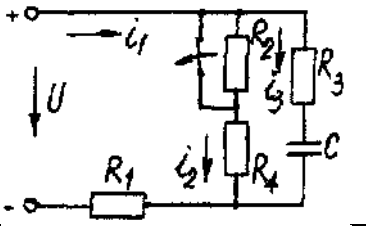
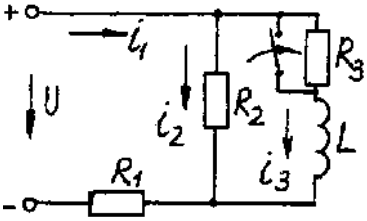
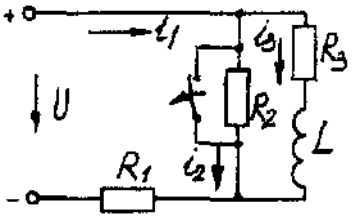
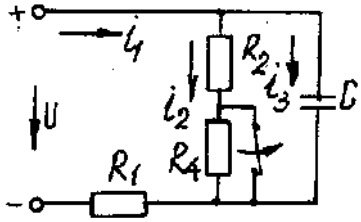
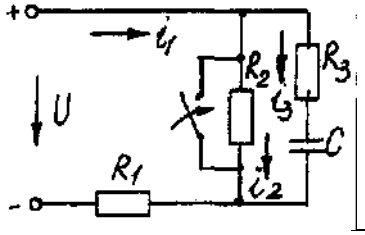
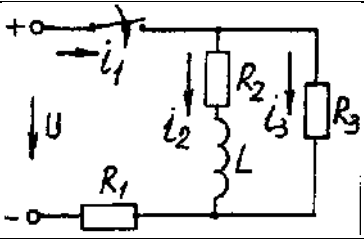
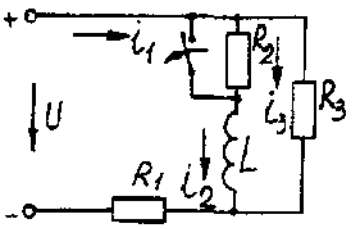
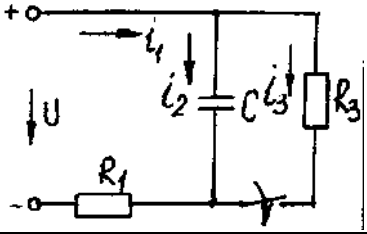
$$Ae^{pt}$$

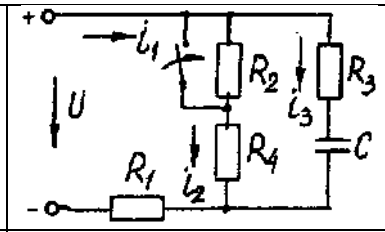
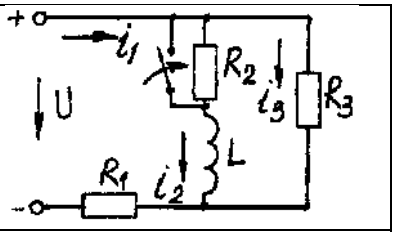
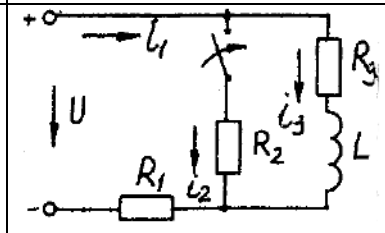
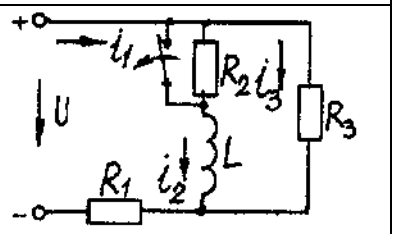
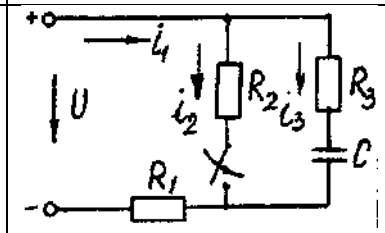
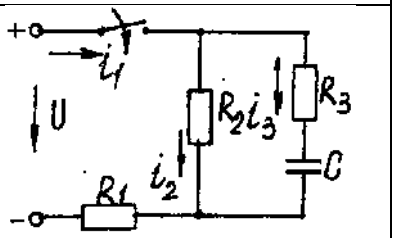
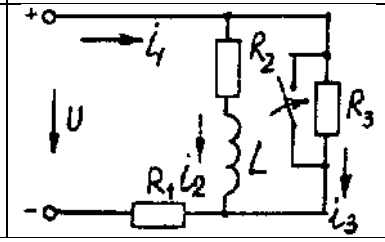
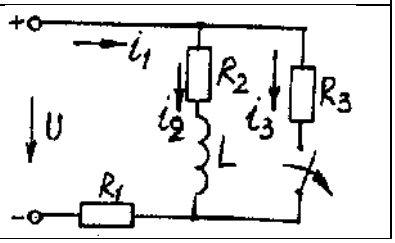
где $A$ - постоянная интегрирования; $p$ - корень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение составляется по однородному дифференциальному уравнению.

**Последовательность решения операторным методом расчета.**

Расчетные формулы и последовательность решения этим методом приведены в примерах расчета цепей, содержащих индуктивность и емкость.

| № | Схема варианта | № | Схема варианта |
|---|---|---|---|
| 1 |  | 13 |  |
| 2 |  | 14 |  |
| 3 |  | 15 |  |
| 4 |  | 16 |  |
| 5 |  | 17 |  |
| 6 |  | 18 |  |
| 7 |  | 19 |  |
| 8 |  | 20 |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 |  | 21 |  |
| 10 |  | 22 |  |
| 11 |  | 23 |  |
| 12 |  | 24 |  |

**Пример расчета цепи, содержащей индуктивность (рис. 5.1).**

Исходные данные: $U$ = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ = 25 Ом; $L$ = 0,25 Гн.

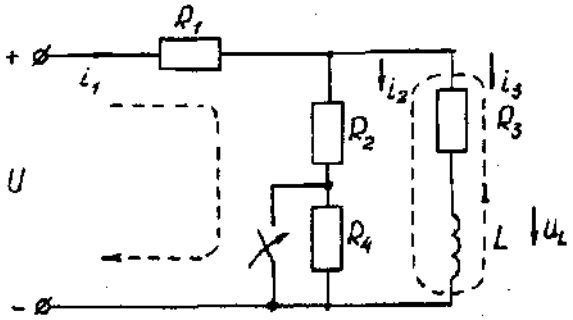


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

Определить законы изменения токов, напряжения $u_L$ при переходе цепи от одного установившегося состояния к другому классическим и операторными методами. Построить эти зависимости.

**Решение классическим методом.**

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = U; \\ i_2 R_2 - u_L - i_3 R_3 = 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Решаем систему уравнений относительно тока через индуктивность $i_3$ (избавляемся от токов $i_2$ и $i_1$)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1R_2 + R_1(R_1 + R_2)]\, i_3 = R_2U$$

Решение упрощается, если в систему уравнений (5.1) подставить заданные числовые значения;

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ 25i_1 + 25i_2 = 100; \\ 25i_2 - u_L - 25i_3 = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему уравнений (5,2), получаем

$$2u_L+75i_3=100. \quad (5.3)$$

Подставив соотношение $u_L = Ldi_3/dt$ в уравнение (5.3), получим

$$2Ldi_3/dt + 75i_3= 100,$$

и окончательно получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt + 150i_3=200. \quad (5.4)$$

Решением уравнения (5.4) является сумма принужденной и свободной составляющих тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= i_3(t)_{пр}+ i_3(t)_{св}. \quad (5.5)$$

Принужденная составляющая тока определяется из уравнения (5.4) как новое установившееся значение по окончании переходного процесса

$$i_3(t)_{пр} = 200/150 =1,33 \text{ А}. \quad (5.6)$$

Запишем однородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt+150\, i_3= 0 \quad (5.7)$$

и характеристическое уравнение

$$p+150=0. \quad (5.8)$$

Свободная составляющая тока определяется как

$$i_3\,(t)_{св}=Ae^{pt}, \quad (5.9)$$

где $A$ - постоянная интегрирования; $p$ - корень характеристического уравнения (5.8), $p$ = -150; $\tau$ - постоянная времени электрической цепи, $\tau$ = 1/150.

Постоянная интегрирования определяется из начальных условий, исходя из первого закона коммутации (ток через индуктивность при коммутациях не меняется скачком).

С учетом уравнений (5.6) и (5.9) уравнение (5.5) запишем как

$$i_3\,(t) = 1,33+A\, e^{-150t}.$$

Значение тока $i_3(0)$ определяем, рассчитывая цепь до коммутации

$$i_3(0)=1,6\text{А}.$$

По первому закону коммутации $i_3\,(0) = i_3\,(0)_{пр} + i_3\,(0)_{св} = 1,6$ А, $i_3(0) = 1,33 + A\, e^{-150t} = 1,6$, откуда $A = 1,6 - 1,33 = 0,27$.

Окончательно

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25-0,27(-150)\, e^{-150t} =-10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

**Решение операторным методом.**

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

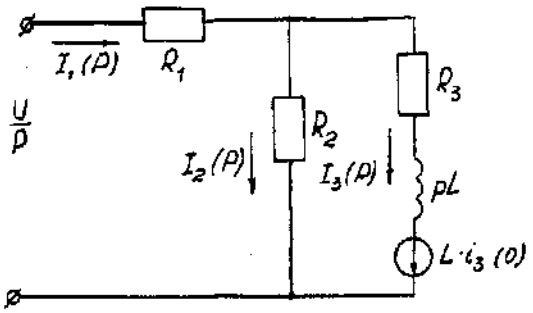


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

Система уравнений решается относительно любого тока. Достаточно просто получаем уравнение в изображениях для тока через индуктивность, если использовать дифференциальное уравнение (5.4), из которого следует:

$$[pI_3(p) - i_3(0)]+150I_3(p)=200/p;$$

$$pI_3(p)+ 150I_3(p)= 200/p+ i_3(0)= 200/p+1,6$$

и окончательно

$$I_3(p)=(200+1,6p)/p(p+150)=F_1(p)/F_2(p), \quad (5.11)$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения тока $I_3(p)$ к оригиналу $i_3(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$i_3(t)=\Sigma\,([F_1(p)/F_2(p)]\cdot e^{p_k\cdot t}) \quad (5.12)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя, равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$P(p+150)=0,$$

откуда $p_1 =0$; $p_2= -150$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+150),$$

откуда $F_2'(p_1)=150$; $F_2'(p_2)= -150$.

Оригинал тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= ([F_1(p_1)/F_2'(p_1)]\cdot e^{p_1 t})+ ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)]\cdot e^{p_2 t})=$$

$$= [(200 +1,6\ 0) / 150]e^{150t}+ [(200 +1,6\ (-150) / (-150)]\cdot e^{-150\cdot t} =$$

$$= 1,33 + 0,27\ e^{-150t}.$$

На рис. 5.3 представлены переходные характеристики токов и напряжения на индуктивности.

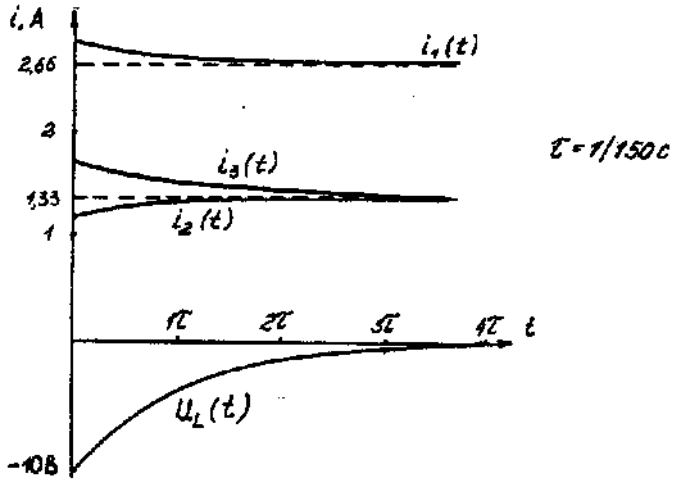



Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

**Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).**

Исходные данные: $U$ = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

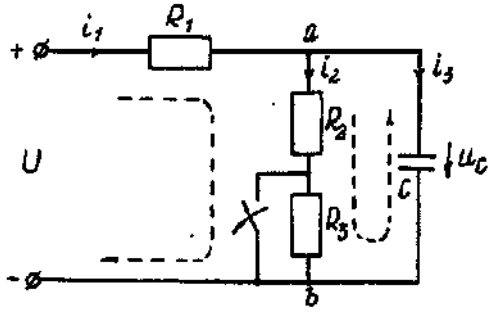


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

Определить и построить следующие зависимости: $u_C(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

**Решение классическим методом.**

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2) = U; \\ i_2(R_2 + R_3) = u_C \end{cases} \quad (5.13)$$

Между током и напряжением на емкости существует соотношение

$$\begin{cases} i_3 = C\frac{du_C}{dt}; \\ i_1 = i_2 + i_3 = i_2 + 100 \cdot 10^{-6}\left(\frac{du_C}{dt}\right); \\ i_1 50 + i_2(50 + 50) = 100; \\ i_2(50 + 50) - u_C = 0. \end{cases} \quad (5.14)$$

Решаем систему уравнений (5.14) относительно напряжения на емкости

$$du_c / dt + 300u_c = 20000. \quad (5.15)$$

Уравнение (5.15) - неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением уравнения (5.15) является сумма принужденной и свободной составляющих напряжения $u_C(t)$. Решение неоднородного дифференциального уравнения первого порядка рассмотрено выше для цепи с индуктивностью. По аналогии имеем

$$u_C(t) = u_C(t)_{пр} + u_C(t)_{св}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{пр} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{СВ} = A\,e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; $\tau$ - постоянная времени электрической цепи, $\tau = 1/300$; $u_C(0) = 50$ В, напряжение $u_C$ в момент коммутации (определяется расчетом рассматриваемой цепи до коммутации):

$$u_C(t) = 66{,}7 + Ae^{-300t};$$

$u_C(0) = 66{,}7 + Ae^{p \cdot 0} = 50$В, откуда $A = -16{,}7$.

Окончательно имеем:

$$u_C(t) = 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300t};$$
$$i_3(t) = C \cdot du_C/dt = 100 \cdot 10^{-6}(-16{,}7)(-300) \cdot e^{-300t} = 0{,}5 \cdot e^{-300t};$$
$$i_2(t) = u_{ав}(t)/(R_2 + R_3) = u_C(t)/(R_2 + R_3) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-300t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}333 \cdot e^{-300t}.$$

На рис. 5.5 представлены переходные характеристики токов и напряжения на емкости.

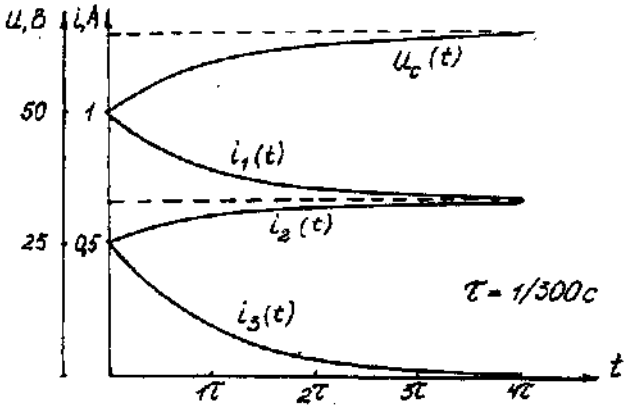



Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

**Решение операторным методом.**

Система уравнений в изображениях (в операторной форме) может быть составлена по операторной схеме замещения (рис. 5.6) или по системе дифференциальных уравнений (5.14)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

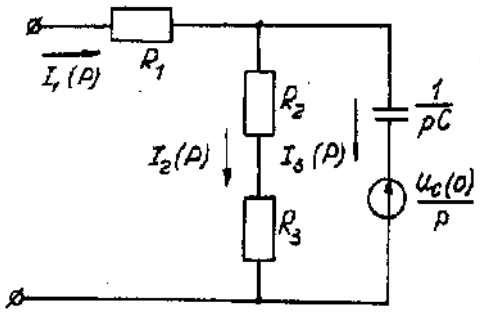



Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

Решаем систему алгебраических уравнений (5.17) относительно токов или напряжения на емкости $U_C(p)$.

Решение относительно напряжения $U_C(p)$ упрощается, если воспользуемся уравнением (5.15). Уравнение (5.15) преобразуем в уравнение в изображениях:

$$[pU_C(p)-u_C(0)]+300 \cdot U_C(p)=20000/p;$$

$$Uc\ (p)(p + 300) = 20000/p + 50;$$

$$U_c\ (p) = [20000 + 50p]\ /p(p + 300) = F_1(p)/\ F_2(p),$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения напряжения $U_C(p)$ к оригиналу $u_C(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$U_C(t)=\Sigma([F_1(p)/F_2'(p)] \cdot e^{p_k \cdot t}), \quad (5.18)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$p(p+300)=0,$$

откуда $p_1 = 0$; $p_2 = -300$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+300),$$

откуда $F_2'(p_1)=300$; $F_2'(p_2)=-300$.

Оригинал напряжения $u_C(t)$

$$u_C(t) = ([F_1(p_1)/\ F_2'(p_1)] \cdot e^{p_1 t}) + ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)] \cdot e^{p_2 \cdot t}) =$$

$$=[(20000 + 50\ 0) / 300] \cdot e^{300 \cdot 0} + [(20000+50\ (-300) / (-300)] \cdot e^{-300t}$$

$$= 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300 \cdot t}.$$

# Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

**Условие задачи.**

Для заданной электрической схемы (табл. 6.1) с известными параметрами (табл. 6.2) определить токи в ветвях и напряжение на нелинейных элементах (НЭ).

Вольт-амперные характеристики НЭ, симметричные относительно начала координат, приведены на рис. 6.1.

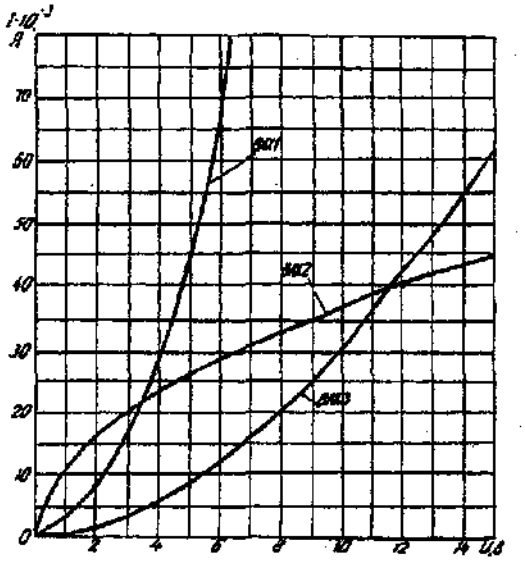


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

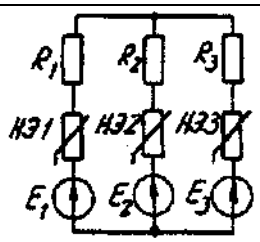
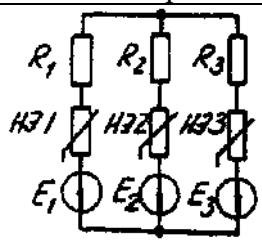
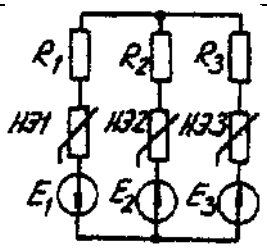
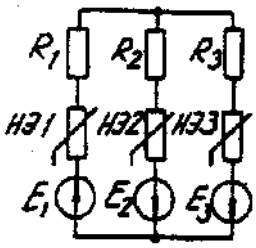
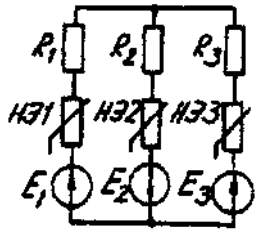
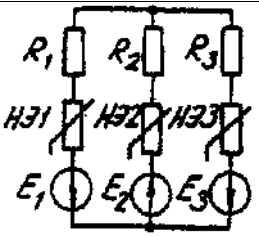
**Методические указания.**

Для нелинейных электрических цепей (НЭЦ) постоянного тока справедливы оба закона Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} U_{k=0.}$$

Затруднения при рассмотрении НЭЦ с помощью законов Кирхгофа заключаются в том, что в НЭЦ напряжение и токи связаны между собой нелинейными соотношениями. По этой причине для решения задач теории НЭЦ приходится использовать различные приближенные методы решения, к которым относится метод двух узлов.

Расчетные электрические схемы

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 |  | 5 |  |
| 2 |  | 6 |  |
| 3 |  | 7 |  |

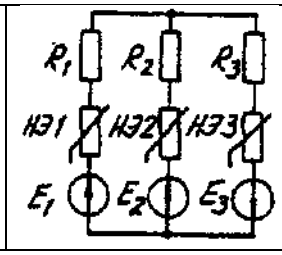
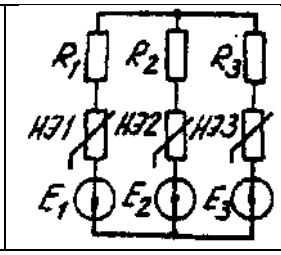
| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 |  R1 R2 R3<br>НЭ1 НЭ2 НЭ3<br>E1 E2 E3 | 8 |  R1 R2 R3<br>НЭ1 НЭ2 НЭ3<br>E1 E2 E3 |

Таблица 6.2

Исходные данные к задаче 6

| Вариант | Номер схемы | Значения параметров | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | $R_3$, Ом | НЭ1 | НЭ2 | НЭ3 | $E_1$, В | $E_2$, В | $E_3$, В |
| 1 | 1 | 600 | 300 | 400 | ВАХ1 | ВАХ3 | ВАХ2 | 24 | 9 | 10 |
| 2 | 2 | 100 | 200 | 500 | - | ВАХ2 | ВАХ3 | - | 24 | 12 |
| 3 | 3 | - | 800 | 400 | ВАХ2 | ВАХ2 | ВАХ3 | - | 15 | 20 |
| 4 | 4 | 400 | 300 | 600 | - | ВАХ3 | ВАХ1 | 10 | 8 | 14 |
| 5 | 5 | - | 800 | 600 | ВАХ3 | ВАХ2 | ВАХ1 | 15 | 9 | 24 |
| 6 | 6 | 100 | 700 | 500 | ВАХ1 | - | ВАХ3 | 8 | - | 10 |
| 7 | 7 | 200 | - | 500 | ВАХ2 | ВАХ3 | ВАХ1 | 6 | - | 12 |
| 8 | 8 | 1000 | 400 | 700 | ВАХ2 | - | ВАХ3 | 16 | 9 | 18 |
| 9 | 1 | 800 | - | 100 | ВАХ1 | ВАХ2 | ВАХ3 | 10 | 15 | 20 |
| 10 | 3 | 400 | 700 | 200 | ВАХ3 | ВАХ2 | ВАХ1 | 8 | 16 | - |
| 11 | 5 | 100 | 200 | | ВАХ2 | ВАХ3 | ВАХ1 | 24 | 12 | - |
| 12 | 7 | 600 | 200 | 400 | ВАХ3 | ВАХ1 | - | 15 | 10 | 20 |
| 13 | 2 | 500 | 700 | - | ВАХ1 | ВАХ2 | ВАХ3 | 16 | 12 | 9 |
| 14 | 4 | - | - | - | ВАХ3 | ВАХ1 | ВАХ2 | 14 | 20 | 8 |
| 15 | 6 | 200 | 100 | - | - | ВАХ2 | ВАХ3 | 10 | 8 | 15 |
| 16 | 8 | - | 500 | - | ВАХ1 | - | ВАХ3 | 12 | 6 | 18 |
| 17 | 1 | - | - | 600 | ВАХ1 | ВАХ3 | - | 20 | - | 4 |
| 18 | 2 | 800 | - | - | - | ВАХ2 | ВАХ3 | 15 | 10 | 5 |
| 19 | 3 | - | 900 | - | ВАХ1 | - | ВАХ3 | 6 | 12 | 8 |
| 20 | 4 | - | - | 100 | ВАХ3 | ВАХ1 | - | 16 | 18 | 9 |
| 21 | 5 | 400 | - | 200 | - | ВАХ2 | ВАХ3 | 9 | 4 | 10 |
| 22 | 6 | - | - | - | ВАХ1 | ВАХ2 | ВАХ3 | - | | 18 |
| 23 | 7 | - | - | 500 | ВАХ2 | ВАХ3 | - | 14 | 12 | 6 |
| 24 | 8 | - | 300 | - | ВАХ1 | - | ВАХ3 | - | 20 | 10 |

Расчет сложной НЭЦ, состоящей из нескольких параллельных ветвей, которые наряду с нелинейными элементами могут содержать и источники постоянной э. д. с, включенные последовательно с нелинейными элементами, сводится к нахождению токов и напряжений на участках цепи с помощью вольт-амперных характеристик.

Для этого предварительно строится вольтамперная характеристика каждой ветви, которая получается смещением соответствующей характеристики НЭ на величину заданной э. д. с. влево или вправо от начала координат, в зависимости от направления э. д. с. Затем, на основании первого закона Кирхгофа, строится результирующая характеристика. Она получается смещенной относительно начала координат на величину э. д. с. *(E),* которую можно рассматривать как э. д. с. эквивалентной цепи.

Так как сумма токов в узле равна нулю, то в эквивалентной цепи ток отсутствует. Следовательно, значение э. д. с. *(E)* равно разности потенциалов верхнего узла относительно нижнего узла исходной схемы.

Отсюда находят напряжение в каждом НЭ

$$U_{Нэк}=E_к-E$$

Ток в каждом НЭ определяется по соответствующей вольт-амперной характеристике.

**Последовательность решения задачи.**

1. Задаться положительным направлением токов в ветвях схемы.

2. На основании второго закона Кирхгофа построить эквивалентные вольт-амперные характеристики для ветвей.

3. На основании первого закона Кирхгофа построить результирующую вольт-амперную характеристику всей электрической цепи.

4. По результирующей вольт-амперной характеристике определить напряжения на каждом НЭ и токи в каждой ветви по соответствующим вольт-амперным характеристикам.

**Пример решения задачи.**

Для заданной электрической схемы (рис. 6.2, *а)* с известными параметрами $E_1$ =12 В, $E_2$ = 10 В, $E_3$ = 3 В,

$R_1$ =200 Ом, НЭ1, НЭ2 и НЭ3 (вольт-амперные характеристики которых приведены на рис. 6.3) определить токи в ветвях и напряжения на НЭ.

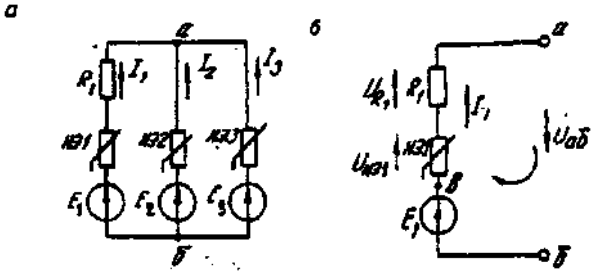



Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

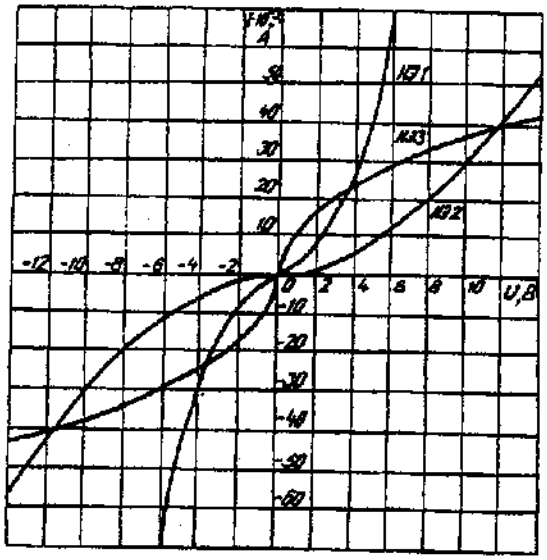



Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

1. Задаемся положительным направлением токов во всех ветвях цепи.

*2.* Так как каждый из токов является нелинейной функцией падения напряжения на своем НЭ, необходимо выразить его в функции одного переменного напряжения $U_{аб}$ между узлами *а* и *б.*

Рассмотрим первую ветвь, содержащую последовательно соединенные резистор $R_1$, НЭ1 и источник постоянной э. д. с. $E_1$ (рис. 6,2, *б).*

На основании второго закона Кирхгофа для контура, указанного на рис. 6.2, *б* круговой стрелкой, запишем

$$E_1=U_{аб}+U_{R1}+U_{НЭ1} \text{ или } U_{аб}=E_1-(U_{R1}+U_{НЭ1}).$$

Если э. д. с. $(E_1)$ действует в направлении выбранного положительного тока, т. е. $E_1>0$, то при положительном токе она способствует прохождению тока и при $E_1< U_{аб}$ уменьшает значение.

На рис. 6.4 изображены характеристики первого нелинейного элемента $I_1=f(U_{НЭ1})$, резистора $I_1=f(U_{R1})$, суммарная

$I_1=f(U_{аб})$ и прямая, соответствующая $E_1>0$. Здесь же нанесена результирующая характеристика $I_1=f(U_{аб})$.

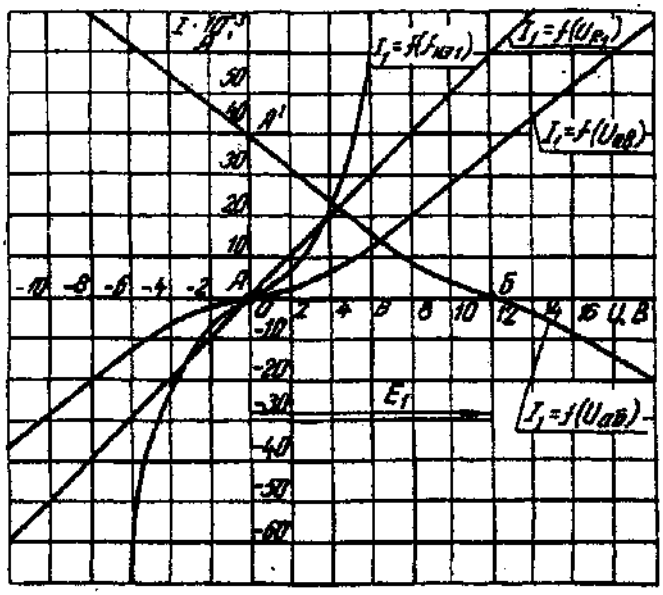


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

Для т. *А* кривой $I_1 = f(U_{НЭ1})$ напряжение на первом нелинейном элементе будет равно нулю ($U_{НЭ1} = 0$) при $I_1 = 0$. При этом $U_{аб} = E_1$ т. е. начало) кривой $I_1 = f(U_{аб})$ сдвинуто в точку *Б*, в которой $U_{аб} = E_1$. Росту $U_{аб}$ , при $U_{аб} > 0$ соответствует уменьшение $U_{аб}$. Для точки *А*' при $U_{аб} = E_1$, $U_{аб} = 0$. Росту $U_{аб}$ при $U_{аб} < 0$ отвечает увеличение $U_{аб}$, причем $U_{аб} > E_1$.

Аналогичным образом перестраивают кривые $I_2 = f(U_{НЭ2})$ и $I_3 = f(U_{нэз})$ для других ветвей схемы (рис. 6.5 и 6.6).

3. Нанесем кривые $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ на одном рисунке и построим результирующую вольт-амперную характеристику $I = f(U_{аб})$ просуммировав ординаты кривых (рис. 6.7).

4. Точка *А* пересечения кривой $I = f(U_{аб})$ с осью абсцисс дает значение Саб, при котором удовлетворяется уравнение

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Восстанавливаем в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ и находим токи $I_1$, $I_2$ и $I_3$ как по величине, так и по знаку.

Для рассматриваемого примера имеем (см. рис. 6.7), А

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

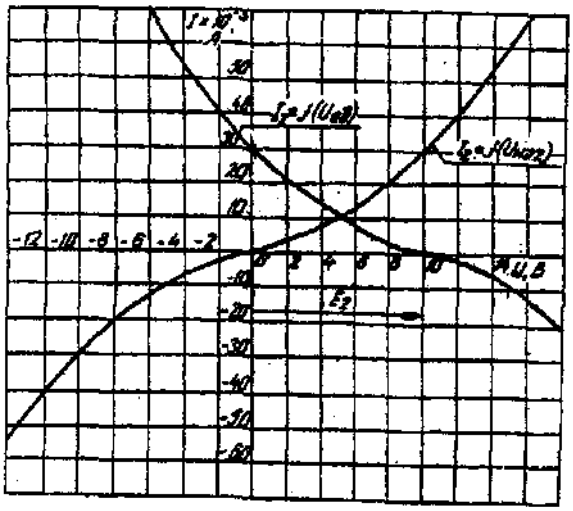


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

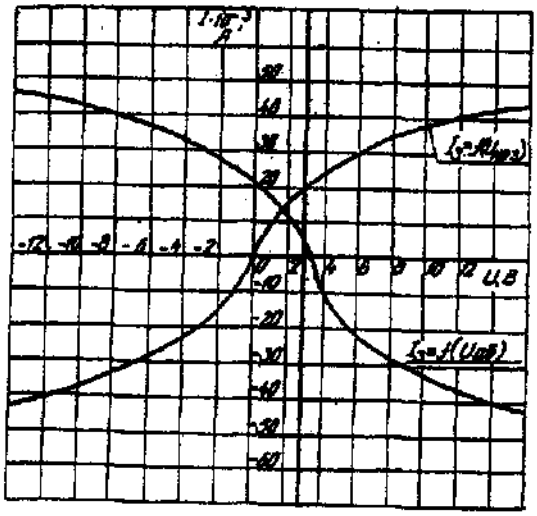


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ A}.$$

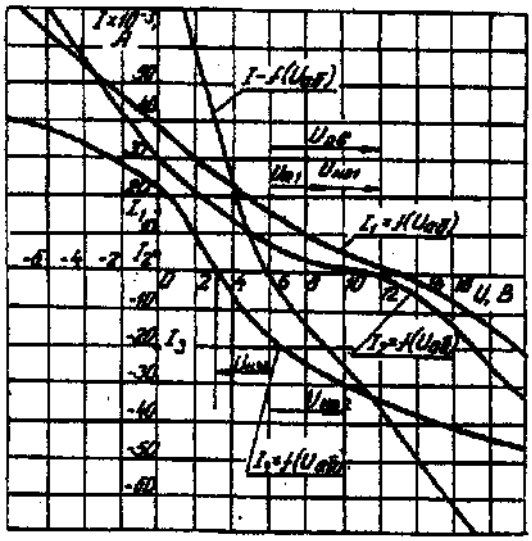


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

Располагая построенными характеристиками, легко находим напряжения на всех нелинейных элементах цепи (см. рис. 6.7):

$U_{НЭ1} = 3$; $U_{НЭ1} = 2$; $U_{НЭ1} = 3$.

# ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

## 7.1. Неразветвленные магнитные цепи.

**Методические указания.**

Магнитной цепью называют совокупность магнитодвижущих сил (МДС),ферромагнитных тел или каких-либо иных тел или сред, по которым замыкается магнитный поток.

Магнитные цепи могут быть подразделены на неразветвленные (рис. 1) и разветвленные (рис. 2).

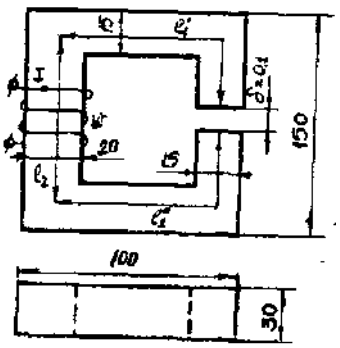



Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

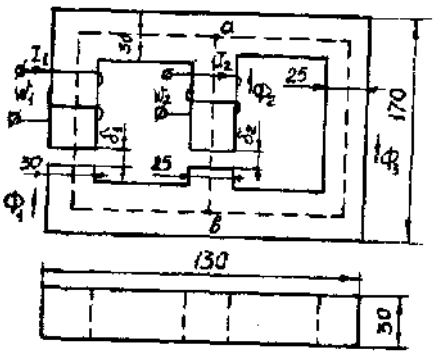



Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

Основными величинами, характеризующими магнитное поле и используемыми при расчете к анализе магнитных цепей, являются магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H.

Эти величины связаны между собой зависимостью:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$$

где $\mu_0$ — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$\mu$ — относительная магнитная проницаемость.

$$H = 0{,}8 \cdot 10^6 B$$

Магнитную индукцию B измеряют в теслах (1 Тл = 1 Вс/м$^2$). Единицей напряженности магнитного поля H является 1 А/м,

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля — векторные величины.

Величиной. служащей для интегральной оценки магнитного поля, является магнитный поток Ф, представляющий собой поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность dS

$$\Phi = \int_S B dS$$

Если магнитный поток проходит сквозь поверхность, расположенную перпендикулярно линиям магнитной индукции поля, то магнитный поток определяется по формуле

$$\Phi = BS$$

Магнитны поток измеряют в веберах (1 Вб = 1 Вс).

Магнитное поле создается электрическими тока. Напряженность магнитного поля связана с токами, возбуждающими поле, за коном полного тока, согласно которому линейный интеграл вектора напряженности магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром

$$\oint Hdl = \sum I$$

где l — длина участка магнитной цепи, вдоль которого идет интегрирование. Длина участка отсчитывается по средней линии магнитопровода.

Заменив интеграл суммой интегралов по участкам и учитывая, что пределах одного участка магнитная цепь имеет одинаковое поперечное сечение и одинаковую магнитную проницаемость, получим закон полного тока в общем виде

$$\sum_K H_K l_K = \sum Iw$$

где $H_K$ — напряженность магнитного поля на каждом участке магнитной цепи;

$l_K$ - длина каждого участка магнитной цепи;

w - число витков катушки.

Произведение числа витков катушки w на протекающий по ней ток I называют магнитодвижущей силой катушки F.

$$\sum Iw = \sum F$$

МДС вызывает магнитный поток в магнитной цепи подобно тому, как ЭДС вызывает электрический ток в электрической цепи. Как и ЭДС, МДС величина векторная. Положительное направление МДС совпадает с движением острия правоходового винта, если его вращать по направлению тока в обмотке.

Падением магнитного напряжения $U_{MAB}$ между точками a и b магнитной цепи, называют произведением $Hl_{AB}$. Здесь , - длина пути между точками a и b.

Магнитное напряжение измеряют в амперах (А).

Если участок магнитной цепи между точками a и b может быть подразделен на n отдельных частей так, что для каждой части $H=H_K$ постоянно, то

$$U_{MAB} = \sum_{K=1}^{K=n} H_K l_K$$

Отношение падения магнитного напряжения $U_M$ к магнитному потоку Ф называют магнитным сопротивлением цепи

$$\Phi w = \Psi = Li$$

$$R_M = \frac{U_M}{\Phi} = \frac{l}{\mu_0 \mu S}$$

Величину, обратную магнитному сопротивлению называют магнитной проводимостью цепи

$$G_M = \frac{1}{R_M} = \frac{\mu_0 \mu S}{l}$$

Соотношение $\Phi = \frac{U_M}{R_M}$ - называют законом Ома для магнитной цепи.

Надо отметить, что между магнитными и электрическими величинами есть формальная аналогии. Аналогом тока в электрической цепи является поток в магнитной цепи. Аналогом ЭДС — МДС. Аналогом падения напряжения на участке электрической цепи падение магнитного напряжения. Аналогом вольтамперной характеристики нелинейного сопротивления — веберная характеристика участка магнитной цепи.

Соответствие электрических и магнитных величин можно представить в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица соответствия электрических и магнитных величин — Таблица 7.1

| Электрические величины | Магнитные величины |
|---|---|
| I – ток, А | Ф – магнитный поток, Вб |
| E – ЭДС, В | F – МДС, А |
| U – напряжение, В | $U_M$ – магнитное напряжение, А |
| R – сопротивление, Ом | $R_M$ – магнитное сопротивление, 1/Гн |
| G – проводимость, 1/Ом | $G_M$ – магнитная проводимость, |

При расчете и анализе магнитных цепей используют первый и второй законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма магнитных потоков в любом узле магнитной цепи равна нулю:

$$\sum \Phi = 0$$

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений магнитного напряжения вдоль любого замкнутого контура равна алгебраической сумме МДС вдоль того же контура:

$$\sum U_M = \sum Iw$$

В качестве примера составим уравнения по законам Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи, изображенной на рис. 7.2.

Произвольно выбираем направление потоков в ветвях. Для узла “а” составим уравнение по первому закону Кирхгофа

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$$

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение для контура, состоящего из левой и средней ветвей.

$$H_1 l_1 + H_1 \delta_2 - H_2 l_2 + H_2 \delta_2 = I_1 w_1 - I_2 w_2$$

Под вебер-амперной характеристикой понимают зависимость потока Ф по какому-либо участку магнитной цепи от падения магнитного напряжения на этом участке $U_M$.

$$\Phi = \int (U_M)$$

Расчет неразветвленной магнитной цепи разделяют на прямую и обратную задачи.

## 7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку.

Порядок расчета следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки, имеющие одинаковое сечение и одинаковую магнитную проницаемость;

2) по известным геометрическим размерам магнитного сердечника определяются длины l и площади поперечного сечения выделенных участков;

3) исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи определяются значения магнитной индукции для выделенных участков магнитной цепи по заданному магнитному потоку;

4) по заданной кривой намагничивания определяются значения напряженности магнитного поля для известных значений магнитной индукции.

Напряженность поля и воздушном зазоре определяется по формуле:

5) подсчитывается сумма падений магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи $\Sigma H_K l_K$ и на основании закона полного тока приравнивается эта сумма полному току $I_W$ или МДС.

$$\sum H_K l_K = Iw$$

Пример. Геометрические размеры магнитной цепи даны на рис. 4. Найти какой ток должен протекать по обмотке с числом витков w=500 чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре $B_\delta$=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

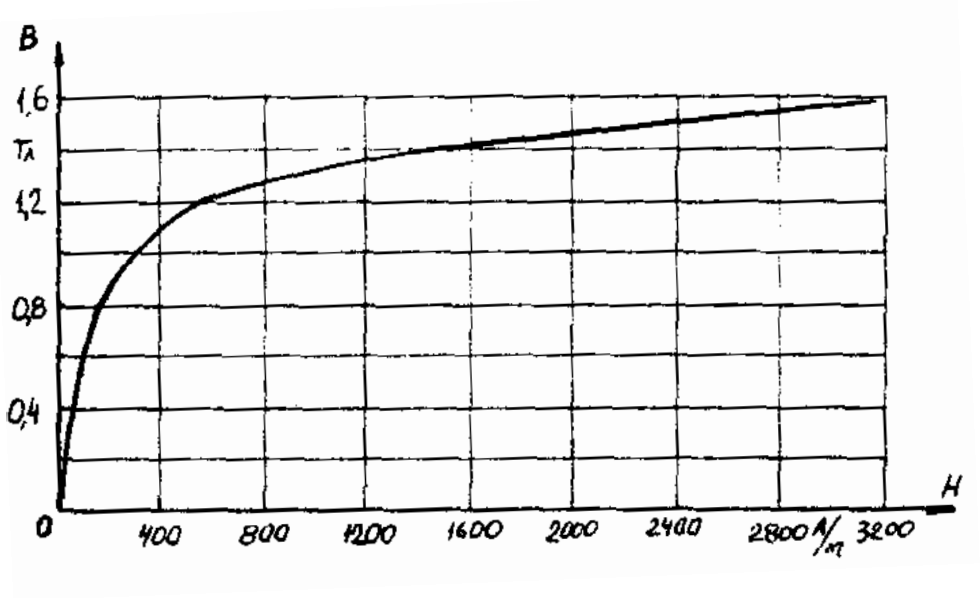



Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

Воздушный зазор

$$\delta = 0{,}01 \quad см$$

$$S_2 = S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

Индукция

$$B_1 = B_\delta = 1 \quad Тл$$

Индукцию на участке $l_2$ найдем, разделив поток $\Phi = B_\delta S_\delta$ на сечение $S_2$ второго участка

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{B_\delta S_\delta}{S_2} = \frac{1 \cdot 4{,}5}{6} = 0{,}75 \quad Тл$$

Напряженности поля на первом и втором участках определяем согласно кривой намагничивания (рис. 4) по известным значениям $B_1$ и $B_2$;

$H_1 = 300$ А/м; $H_2 = 115$ А/м

Напряженность поля в воздушном зазоре

$H_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot B_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8 \cdot 10^5$ А/м

Определяем падение магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи:

$$\sum H_K l_K = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_\delta \delta = 300 \cdot 0{,}3 + 115 \cdot 0{,}135 +$$

$$+ 8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 185{,}6 \quad A$$

Ток в обмотке

$$I = \frac{\sum H_K l_K}{w} = \frac{185{,}6}{500} = 0{,}371 \quad A$$

## 7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС

**Условие задачи:**

Для заданной магнитной цепи (рис. 7.2.) с известными параметрами (таб. 7.2.). Найти магнитные потоки в магнитной цепи.

Примечание – геометрические размеры даны в мм, кривая намагничивания дана на рис. 7.4.

**Порядок решения обратной задачи следующий:**

1) магнитная цепь разбивается на участки с одинаковыми сечением и магнитной проницаемостью. Определяются длины и сечения этих участков;

2) строится вебер-амперная характеристика $\Phi = \int (U_M)$ цепи;

3) пользуясь вебер-амперной характеристикой, по заданной, МДС определяют магнитный поток Ф.

Пример. Найти магнитную индукцию в воздушном зазоре магнитной цепи (рис. 7.1), если Iw = 350 А. Кривая намагничивания представлена на рис. 7.4.

Решение. Строим вебер-амперную характеристику. Для этого задаемся значениями $B_\delta$; равными 0,5; 1,1; 1,2 и 1,3 Тл, и для каждого из них определяем параметры, указанные в табл. 1. Так же, как и в предыдущей задаче определяем $\sum H_K l_K$

Результаты расчетов сводим в табл. 7.2.

Результаты расчетов для построения $\Phi = \int (U_M)$

Таблица 7.2

| $B_\delta$, Тл | 0,5 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
|---|---|---|---|---|
| $B_1$, Тл | 0,5 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| $B_2$, Тл | 0,375 | 0,825 | 0,9 | 0,975 |
| $H_1$, А/м | 50 | 460 | 700 | 1020 |
| $H_2$, А/м | 25 | 150 | 200 | 300 |
| $H_\delta$, А/м | $4 \cdot 10^5$ | $8{,}8 \cdot 10^5$ | $9{,}6 \cdot 10^5$ | $10{,}4 \cdot 10^5$ |
| $\Sigma H_K l_K$, А | 58,3 | 246,3 | 333 | 450,5 |
| Ф, Вб | $22{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $49{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $54 \cdot 10^{-5}$ | $58{,}5 \cdot 10^{-5}$ |

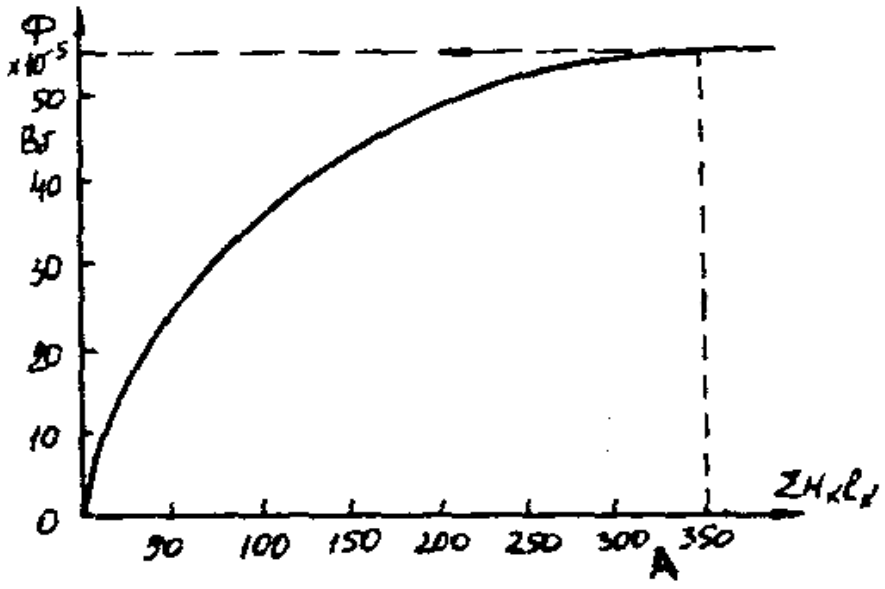



Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

По данным табл. 7.2 строим вебер-амперную характеристику $\Phi = \int (U_M)$ (рис. 7.5) и по ней определяем, что при Iw = 350 А

$\Phi = 55 \cdot 10^{-5}$ Вб

Следовательно,

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_\delta} = \frac{55 \cdot 10^{-5}}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 1{,}21 \quad Тл$$

Расчет разветвленной магнитной цепи

аналогичен соответствующей электрической с сосредоточенными параметрами.

Так как, магнитные цепи являются нелинейными, то методы их расчета при этих условиях аналогичны методам расчета нелинейных электрических цепей. Все методы расчета электрических цепей с нелинейными сопротивлениями полностью применимы к расчету магнитных цепей, так как и магнитные, к электрические цепи подчиняются одним и тем же законам - законам Кирхгофа.

В качестве примера рассмотрим расчет разветвленной цепи методом двух узлов.

Найти магнитные потоки в ветвях магнитной цепи (рис. 7.2). Геометрические размеры даны в мм. Кривая намагничивания представлена на рис. 4. $I_1w_1 = 80$ А; $I_1w_1 = 300$ А; зазоры $\delta_1 = 0{,}05$ мм и $\delta_2 = 0{,}22$ мм.

Решение. Составам электрическую схему замещения магнитной цепи (рис. 7.6). Узловые точки обозначим буквами «a» и «b».

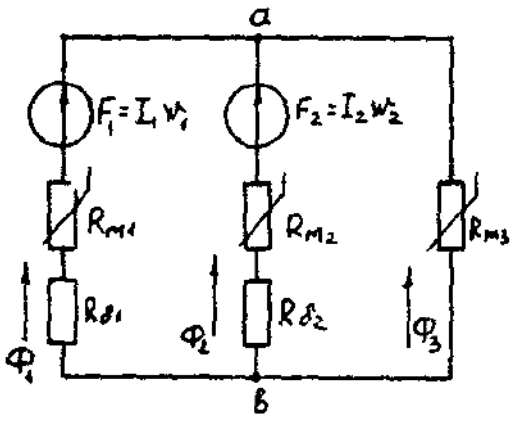



Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24\,м;$ $\quad l_2 = 0{,}138\,м;$

$l_3^{`} = 0{,}1м;$ $\quad l_3^{``} = 0{,}14\,м.$

Длинам $l_3^{`}$ и $l_3^{``}$ участки третьей ветви, имеющей площади сечения 9 и 7,5 см$^2$.

Выберем положительные направления магнитных потоков $\Phi_1$, $\Phi_2$ и $\Phi_3$ к узлу «a».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви $U_{M1}$. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений $\Phi_1$, для каждого значения находим индукцию $B_1$ и по кривой намагничивания — напряженность $H_1$ на пути в стали по первой ветви.

Магнитное напряжение на первом участке

$$U_{M1} = H_1 l_1 + 0{,}8 \cdot 10^5 B_1 \delta_1$$

Таким образом, для каждого значения потока $\Phi_1$ подсчитываем $U_{M1}$ и по точкам строим зависимость $\Phi_1 = \int (U_{M1})$ (кривая 1 рис. 7.7). Аналогично строим зависимость $\Phi_2 = \int (U_{M2})$ (кривая 2 рис. 7.7)

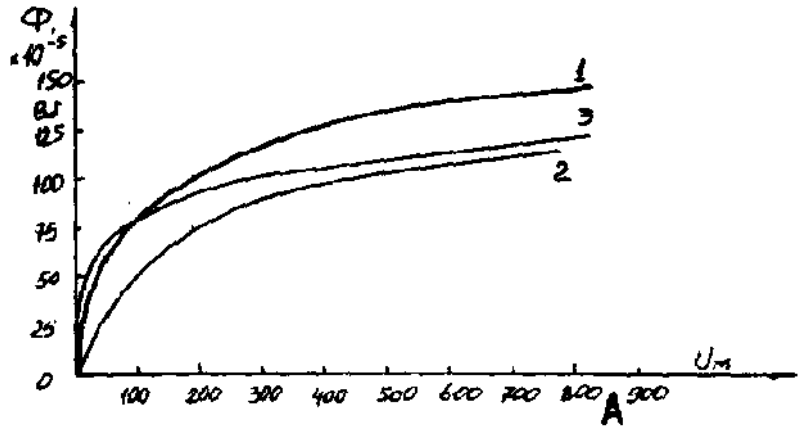



Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

Кривая 3 (рис. 7.7) есть зависимость $\Phi_3 = \int (U_{M3})$

$$U_{M3} = H_3^{`} l_3^{`} + H_3^{``} l_3^{``}$$

Для определения потоков $\Phi_1$, $\Phi_2$ и $\Phi_3$ постройте зависимости этих потоков от магнитного падения напряжения $U_{Mab}$ между узлами «a» и «b» (рис. 7.6).

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для первой ветви:

$$F_1 = I_1 w_1 = U_{M1} + U_{Mab}$$

отсюда

$$U_{Mab} = I_1 w_1 - U_{M1}$$

Согласно выражению приведенному выше строим зависимость $\Phi_1 = \int (U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 1 (рис. 7.7) при переносе на рис.7.8 смещаем вправо на величину $I_1w_1$ и, так как перед $U_{M1}$ стоит знак "-", зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для второй ветви

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

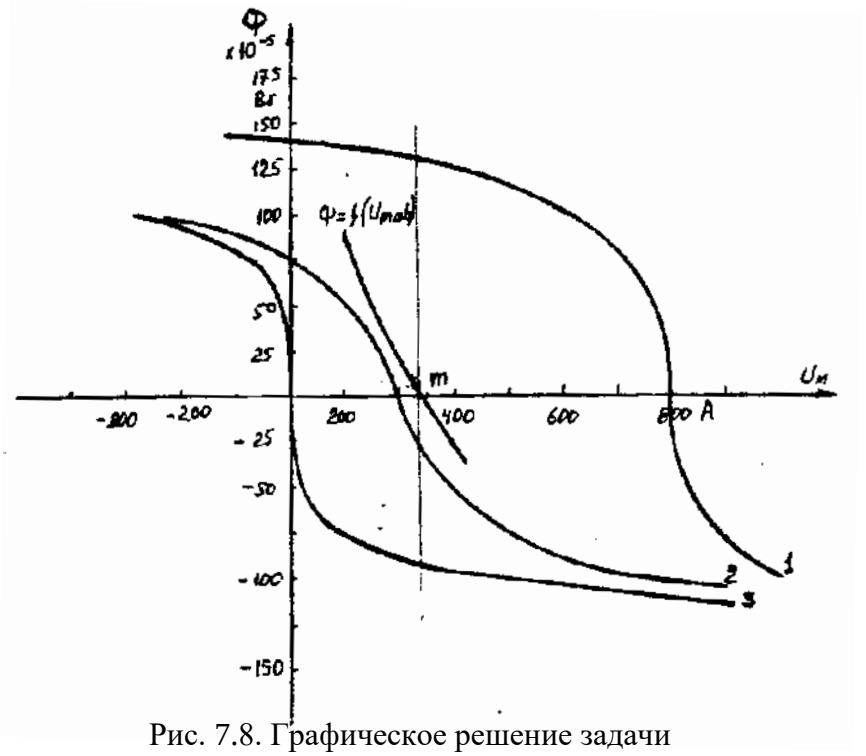



Рис. 7.8. Графическое решение задачи

отсюда

$$U_{Mab} = I_2 w_2 - U_{M2}$$

Построим зависимость $\Phi_2 = \int (U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 2 (рис. 7.7) смещаем вправо от начала координат на величину $I_2w_2$ и зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

В аналогичном порядке строим зависимость $\Phi_3 = \int (U_{Mab})$ (рис. 7.8)

$$U_{Mab} = U_{M1}$$

Зависимость $\Phi_3 = \int (U_{Mab})$ так же, как и кривая 3 (рис. 7.7) проходит через начало координат.

Построим кривую $\Phi = \int (U_{Mab})$ (рис. 7.8)

Где $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$

Точка (m) пересечения кривой $\Phi = \int (U_{Mab})$ с осью абсцисс дает значение $U_{Mab}$, удовлетворяющее первому закону Кирхгофа $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$.

Восстановим в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс. Ординаты пересечения перпендикуляра с кривыми дадут значения магнитных потоков в ветвях;

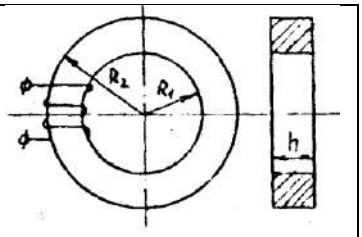
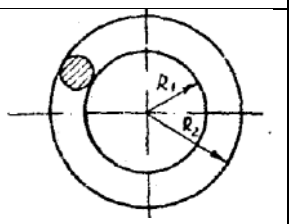
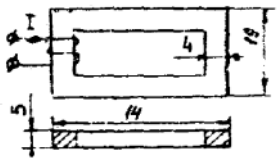
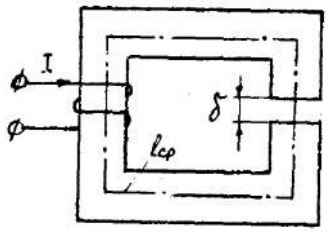
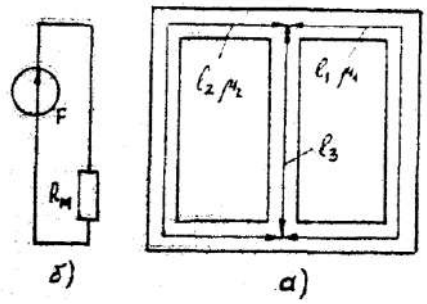
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

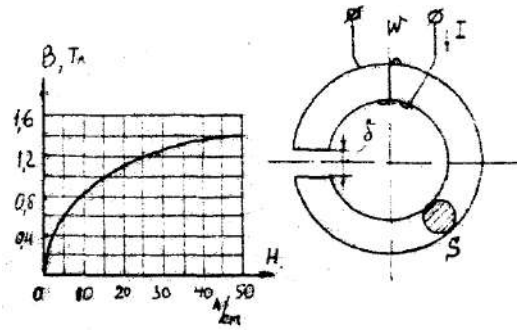
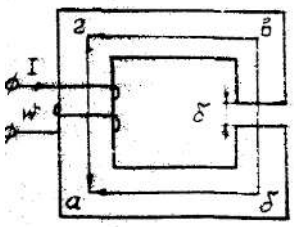
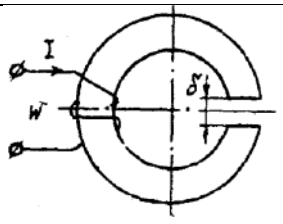
В результате расчета потоки $\Phi_2$ и $\Phi_3$, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

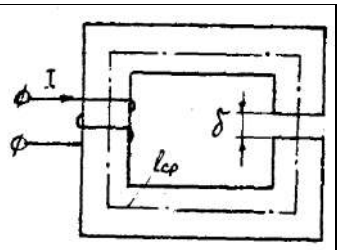
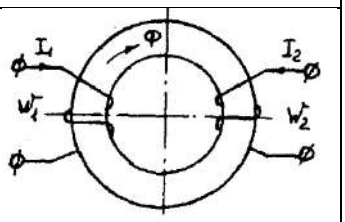
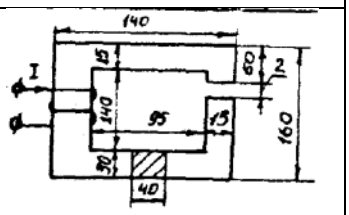
Задания к задаче 7.1.

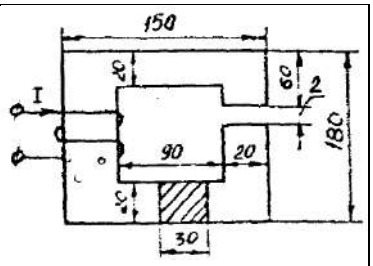
Таблица 7.3

| Номер вари-анта | Содержание задания |
|---|---|

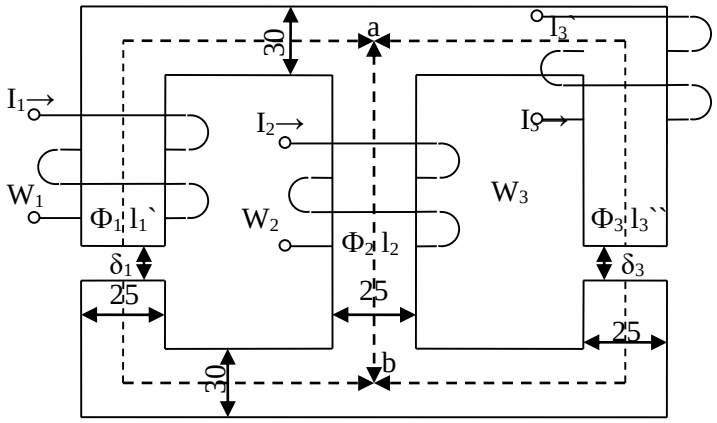
| | | |
|---|---|---|
| 1 | Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: $R_1$ = 8 см; $R_2$ = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке. |  |
| 2 | На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 2000 витков. По обмотке протекает ток I = 0,1 А. Магнитная проницаемость μ = 1000. Определить значение магнитного потока в сердечнике. |  |
| 3 | Определить ток в катушке, если значение магнитного потока в сердечнике с магнитной проницаемостью μ = 1000, Ф = 0,025 Вб. Число витков w = 1500. |  |
| 4 | Катушка равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами $R_1$ = 8 см, $R_2$ = 12 см (см. рис. варианта 2). Магнитный поток в сердечнике Ф = $50 \cdot 10^{-3}$ Вб создается намагничивающей силой F = 4000 А. Определить магнитную проницаемость сердечника μ | |
| 5 | В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта 10, магнитная индукция B=I,2 Тл,$l_{ср}$=30 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в 1,5 раза. Ток в катушке поддерживается постоянным. |  |
| 6 | Катушка равномерно намотана на сердечник (см. рис. варианта 1) с размерами:$R_1$ =I0 см; $R_2$=I4 см. Магнитная проницаемость сердечника μ=1000; число витков обмотки W=1000; сила тока в обмотке I=0,2 А. Определить значение магнитного потока в сердечнике. | |
| 7 |  Магнитопровод (рис .а) с одинаковым сечением всех ветвей S=1 $см^2$ имеет размеры: $l_1$=$l_2$=I25,2см; $l_3$=62,5 см; $\mu_1$=200; $\mu_2$=100; $\mu_3$=100.Такой | |

| | |
|---|---|
| | магнитопровод можно заменить эквивалентной схемой (рис б ), эквивалентное магнитное сопротивление $R_м$. |
| 8 | Катушка, намотанная на тороидальный сердечник круглого сечения, имеет =200 витков. Размеры сердечника (см. рис.<br>варианта 2): $R_1$=10 см; $R_2$=20 см; μ=800. Определить максимальное значение магнитной индукции внутри сердечника, ток в катушке I = I А. |
| 9 | Определить индуктивность l катушки, если магния проницаемость сердечника μ= $I0^{-3}$ Гн/м. Число витков W= 100. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах. |
| 10 | Намагничивающая сила катушки f=1860 А; длина средней линии кольца $l_{ср}$=69 ,9 см; сечение S=10 $см^2$; зазор δ =0,1 см. Пользуясь характеристикой стали B=f(H), вычислить, магнитный поток в кольце.<br>  |
| 11 | На участке *абвг* стальной сердечник имеет сечение $S_1$=12 $см^2$, длина средней линии на этом участке l=22 см. На участке *аг* сечение сердечника $S_2$=6 $см^2$. Намагничивающая сила обмоток F=450 А; магнитный поток Ф=6*$10^{-4}$ Вб. Кривая намагничивания представлена на рис. Варианта 10. Определить длину учаска *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм.<br>  |
| 12 | Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора<br>S=1,5 $см^2$. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 1920 А. |
| 13 | Длина стальной части сердечника $l_{ср}$=I38 см; воздушный зазор δ=0,1 мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающую силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=I Тл.<br>  |

| | | |
|---|---|---|
| 14 | В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта10, магнитная индукция B=I Тл,$l_{ср}$=20 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в два раза. Ток в катушке поддерживается постоянным. |   |
| 15 | На стальное кольцо, средняя длина которого , $l_{ср}$=120 см, намотаны две обмотки: $W_4$= 100 витков и $W_2$=500 витков. Известен ток второй обмотки $I_2$=2 А и кривая намагничивания сердечника (см. рис. варианта 10). Определить ток первой обмотки, который обеспечил бы в сердечнике индукцию B=1,2 Тл |   |
| 16 | Определить МДС и ток обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_δ$=1,4 Тл. Число витков обмотки W=1000, кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10. |   |
| 17 | для магнитопровода, изображенного на рис. варианта 5, задано: $l_1$=15 см; $l_2$=5 см; δ=2 мм; $l_3$=$l_5$=6 см, $l_4$=17 см ; $l_6$=32 см; $H_1$=$H_2$=$H_3$=$H_4$=$H_5$=$H_6$=8 А/см; W=100 витков. Определить ток. | |
| 18 | Пользуясь характеристикой стали B=f(H), изображенной на рис. варианта 10, вычислить магнитный поток в кольце, если намагничивающая сила катушки F=2000 А; длина средней линии кольца 75 см; S=I0 см; зазор δ=0,1 см. | |
| 19 | Определить индуктивность L катушки, если абсолютная магнитная проницаемость сердечника μ = 3*10 Гн/м. Число витков W=200. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах. | |
| 20 | Катушка намотана на ферромагнитный сердечник (рис. варианта 1). размеры сердечника: $R_1$=10 см; $R_2$=16 см; h=16 см. Значение магнитного потока Φ=0,040 Вб, магнитная проницаемость μ=2080. Определить число витков катушки при токе I=2 А. | |
| 21 | Длина стальной части сердечника, представленного на рис. варианта 10 $l_{ср}$=69,9 см, воздушный зазор δ=0,I мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающую силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=3 Тл. | |

| | | |
|---|---|---|
| 22 | Определить число витков обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_\delta$= 2 ,б Тл. Ток, протекающий по обмотке, I=10 А. Кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10. |  |
| 23 | Найти $R_м$, воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,2 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора $S_\delta$=1,5 см$^2$. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 2400 А. | |
| 24 | Определить значение магнитного потока сердечнике, изображенном на рис. варианта 1. Размеры сердечника $R_1$=12 см; $R_2$=18 см; h=10 см. По обмотке с числом витков W=3000 протекает ток I=2 А. Магнитная проницаемость μ=1000. | |

**2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока.**




$l_1$` = 0,24 м $S_1$ = 9 см$^2$ $U_{Mab}$- ?
$l_2$ = 0,138 м $S_2$ = 7,5 см$^2$ $\Phi = \int(U_{ab})$
$l_3$`` = 0,14 м $S_3$`` = 7,5 см$^2$ $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$ - ?
$l_3$` = 0,1 м $S_3$` = 9 см$^2$

Рис. 7.9.

Таблица 7.4

| Варианты | $I_1w_1$, А | $I_2w_2$, А | $I_3w_3$, А | $\delta_1$, мм | $\delta_2$, мм | $\delta_3$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 300 | 800 | 0 | 0 | 0,05 | 0,22 |
| 2 | 0 | 300 | 550 | 0,05 | 0,11 | 0 |
| 3 | 600 | 0 | 300 | 0,22 | 0 | 0,11 |
| 4 | 800 | 400 | 0 | 0 | 0,22 | 0,11 |
| 5 | 0 | 500 | 600 | 0,11 | 0 | 0,05 |
| 6 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,11 |
| 7 | 300 | 500 | 0 | 0,22 | 0 | 0,05 |
| 8 | 0 | 300 | 800 | 0,11 | 0,22 | 0 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 800 | 0 | 600 | 0,05 | 0 | 0,22 |
| 10 | 600 | 300 | 0 | 0,22 | 0,11 | 0 |
| 11 | 0 | 300 | 600 | 0 | 0,22 | 0,11 |
| 12 | 400 | 0 | 800 | 0,11 | 0 | 0,22 |
| 13 | 500 | 300 | 0 | 0,22 | 0,05 | 0 |
| 14 | 0 | 800 | 300 | 0 | 0,11 | 0,22 |
| 15 | 800 | 0 | 300 | 0,11 | 0,05 | 0 |
| 16 | 400 | 600 | 0 | 0,05 | 0 | 0,11 |
| 17 | 0 | 600 | 400 | 0 | 0,22 | 0,05 |
| 18 | 800 | 0 | 300 | 0,22 | 0,11 | 0 |
| 19 | 500 | 800 | 0 | 0,15 | 0 | 0,11 |
| 20 | 0 | 500 | 400 | 0 | 0,15 | 0,11 |
| 21 | 550 | 0 | 600 | 0,22 | 0,15 | 0 |
| 22 | 500 | 600 | 0 | 0,05 | 0 | 0,15 |
| 23 | 0 | 600 | 300 | 0 | 0,11 | 0,15 |
| 24 | 300 | 0 | 600 | 0,15 | 0,05 | 0 |

# Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ

**Условие задачи.**

Паспортные данные трансформатора берут из табл. 8.1, где:

*m* - число фаз, *m=3;*

ВН/НН-*N* - схема и группа соединения обмоток;

$S_Н$ - номинальная полная мощность;

$U_{лн}^{вн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки ВН;

$U_{лн}^{нн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки НН;

$P_{он}$ - потери холостого хода (мощность холостого хода при номинальном напряжении);

$P_{кн}$ - потери короткого замыкания (мощность короткого замыкания при напряжении короткого замыкания);

$u_к$ - напряжение короткого замыкания, *%*, где $u_к = [U_{кн}/U_н]\cdot 100\%$;

$i_0$ - ток холостого хода, %, где $i_0 = [I_{0н}/I_{1н}]\cdot 100\%$.

При всех расчетах первичной считать обмотку ВН.

**Последовательность решения.**

По известным паспортным данным сделать следующие расчеты и построения:

1. Начертить схему соединения обмоток трансформатора заданной группы и построить векторную диаграмму напряжений для доказательства, что начерченная схема соответствует заданной группе.

2. На схеме соединения обмоток трансформатора показать линейные и фазные напряжения и токи,

3. Определить номинальные фазные значения напряжений и токов ВН и НН: $U_{1н}$, $U_{2н}$, $I_{1н}$, $I_{2н}$.

4. Рассчитать коэффициент трансформации - *K.*

5. Определить параметры Т-образной электрической схемы замещения трансформатора: $R_m$, $X_m$, $R_1$, $R'_2$, $X_1$, $X'_2$ (при расчете полагать $R_1 = R_2$ и $X_1 = X'_2$). Начертить Т-образную схему замещения с указанием всех параметров и величин.

6. Рассчитать параметры короткого замыкания $R_K$, $X_K$, $Z_K$, $u_{ка}$ (%), $u_{кр}$(%).

7. Составить упрощенную электрическую схему замещения трансформатора и определить фазные значения тока $I_2$ и напряжения $U_2$ при включении во вторичную цепь обмотки нагрузки $Z_H$ (см. табл. 8.1). При расчете определить в комплексной форме приведенные значения тока $I'_2$ и напряжения $U_2'$ а затем их действующие значения $I_2$, $U_2$ .

Таблица 8.1

**Исходные данные для задачи 8**

| Номер вари-анта | ВН/НН-N | $S_к$, кВА | $U_{ЛН}^{ВН}$, кВ | $U_{ЛН}^{НН}$, кВ | $P_{0Н}$, Вт | $P_{КН}$, Вт | $U_К$, % | $I_0$, % | $Z_Н$, Ом |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Y/Δ - 11 | 160 | 35 | 0,4 | 700 | 2650 | 6,5 | 2,4 | 3+ j3 |
| 2 | Y/$Y_N$ - 0 | 160 | 35 | 0,69 | 700 | 2650 | 6,5 | 2,4 | 3+ j2,25 |
| 3 | Y/Δ -11 | 250 | 35 | 0,4 | 1000 | 3700 | 6,5 | 2,3 | 3+ j2,25 |
| 4 | Y/$Y_N$ - 0 | 250 | 35 | 0,69 | 1000 | 3700 | 6,5 | 2,3 | 1,6+ j1,2 |
| 5 | Y/Δ -11 | 400 | 6 | 0,4 | 2180 | 3700 | 3,5 | 2,1 | 1,2+ j0,9 |
| 6 | Y/$Y_N$ - 0 | 400 | 6 | 0,69 | 2180 | 3700 | 3,5 | 2,1 | 1,1+ j1,0 |
| 7 | Y/Δ -11 | 630 | 6 | 0,4 | 1560 | 8500 | 5,5 | 2,0 | 0,8+ j0,6 |
| 8 | Y/$Y_N$ - 0 | 630 | 6 | 0,69 | 1560 | 8500 | 5,5 | 2,0 | 0,7+ j0,7 |
| 9 | Y/Δ -11 | 320 | 6 | 0,4 | 1675 | 2630 | 2,5 | 2,2 | 1,6+ j1,2 |
| 10 | Y/$Y_N$ - 0 | 320 | 6 | 0,69 | 1675 | 2630 | 2,5 | 2,2 | 1,4+ j1,4 |
| 11 | Y/$Y_N$ - 0 | 630 | 35 | 0,69 | 1900 | 7600 | 6,5 | 2,0 | 0,7+ j0,7 |
| 12 | Y/Δ -11 | 630 | 35 | 0,4 | 1900 | 7600 | 6,5 | 2,0 | 0,6+ j0,8 |
| 13 | Y/$Y_N$ - 0 | 400 | 35 | 0,69 | 1350 | 5500 | 6,5 | 2,1 | 1,0+ j1,0 |
| 14 | Y/Δ -11 | 400 | 35 | 0,4 | 1350 | 5500 | 6,5 | 2,1 | 0,6+ j0,8 |
| 15 | Y/$Y_N$ - 0 | 250 | 6 | 0,23 | 660 | 3700 | 4,5 | 4 | 0,2+j0,15 |
| 16 | Δ/$Y_N$ - 11 | 250 | 10 | 0,69 | 660 | 4200 | 4,7 | 4 | 2+ j1,5 |
| 17 | Y/Δ -11 | 400 | 10 | 0,23 | 920 | 5500 | 4,5 | 3,5 | 0,4+ j0,3 |
| 18 | Δ/$Y_N$ - 11 | 400 | 6 | 0,69 | 920 | 5900 | 4,5 | 3,5 | 1,2+ j0,9 |
| 19 | Y/$Y_N$ - 0 | 630 | 10 | 0,4 | 1310 | 7600 | 5,5 | 3 | 0,4+ j0,3 |
| 20 | Δ/$Y_N$ - 11 | 630 | 6 | 0,69 | 1310 | 8500 | 5,5 | 3 | 0,8+ j0,6 |
| 21 | Y/Δ - 11 | 200 | 6 | 0,4 | 875 | 2535 | 2,8 | 2,5 | 2,4+ j1,8 |
| 22 | Y/$Y_N$ - 0 | 200 | 6 | 0,69 | 875 | 2535 | 2,8 | 2,5 | 2,4+ j1,8 |
| 23 | Y/$Y_N$ - 0 | 250 | 6 | 0,4 | 740 | 3350 | 3,4 | 2,3 | 2+ j1,5 |
| 24 | Y/$Y_N$ - 0 | 250 | 6 | 0,69 | 740 | 3350 | 3,4 | 2,3 | 2+ j1,5 |

8. Определить значение коэффициента нагрузки при включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$ и оптимальное значения коэффициента нагрузки трансформатора $\beta_{опт}$.

9. Рассчитать изменение вторичного напряжения при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки $\beta_{опт}$ и cos□$_{2=}$ 0,95 (созф2 устанавливает предприятию энергоснабжающая организация).

10. Определить КПД трансформатора при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки fW и coscp2 = 0,95. Сравнить полученные в пунктах *а* и *б* значения к. п. д. и сделать вывод.

**Методические рекомендации.**

При расчете многофазных симметричных электрических цепей переменного тока расчеты выполняют, как правило, на одну фазу, т. е. используя фазные значения напряжений и токов, а все энергетические параметры: мощности на входе и выходе, потери и т. п. обычно рассчитывают на все фазы, паспортные данные по мощности указаны также на все фазы.

Например:

$S=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф$; $P=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф\cdot cos$□$_Ф$; $\Delta P=m\cdot R\cdot I^2{}_Ф$ и т. д., где $m$ – число фаз.

*К пункту 7.* При переходе от Т-образной электрической схемы замещения приведенного трансформатора к упрощенной пренебрегают током холостого хода ($I_0 = 0$). В этом случае приведенный трансформатор заменяется эквивалентной электрической схемой замещения, представляющей собой комплекс полного сопротивления короткого замыкания

$Z_K = R_K + jX_K$.

*К пункту 8.* Оптимальным называется значение коэффициента нагрузки, соответствующее максимальному к. п. д. трансформатора при заданном коэффициенте мощности.

# Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

**Условие задачи.**

Известны следующие технические данные асинхронного двигателя с фазным ротором, предназначенного для работы в сети с частотой $f$= 50 Гц (табл. 9.1):

- число фаз $m$ = 3;
- . - схема соединения фаз обмотки статора Δ/Y;
- число полюсов 2р ;
- номинальная мощность (полезная) $P_{2н}$;
- номинальное линейное напряжение обмотки статора $U_{лн}(\Delta)/U_{лн}$ (Y)= 220/380 В (для всех вариантов задачи);
- номинальный к. п. д. $\eta_н$
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_н$;
- номинальная частота вращения $\eta_{2н}$;
- кратность номинального момента $K_м = M_{max}/M_{ном}$;
- активное сопротивление фазы обмотки статора $R_1$
- активное сопротивления фазы обмотки ротора $R_2$;
- схема соединения фаз обмотки ротора Y;
- линейная э. д. с. неподвижного ротора $E_{2л}$
- индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки неподвижного ротора $X_2$.

**Последовательность решения.**

1. Определить следующие значения, соответствующие номинальному режиму:
- номинальные полную $S_Н$, активную $P_{1н}$ и реактивную $Q_{1н}$ мощности на зажимах обмотки статора асинхронного двигателя;
- номинальные фазные напряжение $U_{1н}$ и ток $I_{1н}$ статора;
- фазную э. д. с. неподвижного ротора $E_2$;
- номинальное скольжение $S_Н$;
- номинальный момент на валу $M_{2н}$,

*2.* Начертить электрические схемы замещения фазы обмотки вращающегося и неподвижного ротора и рассчитать:

а) для вращающегося ротора:
- частоту э. д. с. и тока ротора в номинальном режиме $f_{2н}$;
- номинальную фазную э. д. с. ротора $E_{2Sн}$ индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора в номинальном режиме $X_{2Sн}$;

Таблица 9.1

Исходные данные к задаче 9

| Номер вари-анта | Тип двигателя | 2р | $P_{2н}$, кВт | $\eta_н$, % | $\cos\varphi_н$ | $n_{2н}$, об/мин | $K_М$ | $R_1$, Ом | $E_{2Л}$, В | $R_2$, Ом | $X_2$, Ом |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4АК16034УЗ | 4 | 11,0 | 86,5 | 0,86 | 1438 | 3,2 | 0,373 | 305 | 0,321 | 0,576 |
| 1 | 4АК160М4УЗ | 4 | 14,0 | 88,0 | 0,87 | 1448 | 3,5 | 0,255 | 300 | 0,207 | 0,385 |

| 2 | 4АК180М4У3 | 4 | 18,5 | 89,5 | 0,88 | 1457 | 4,0 | 0,135 | 294 | 0,125 | 0,232 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 4АК200М4У3 | 4 | 22,0 | 90,0 | 0,87 | 1467 | 4,0 | 0,124 | 338 | 0,107 | 0,309 |
| 4 | 4АК2004У3 | 4 | 30,0 | 90,0 | 0,87 | 1462 | 4,0 | 0,099 | 349 | 0,0964 | 0,281 |
| 5 | 4АК1606У3 | 6 | 7,7 | 88,5 | 0,77 | 951 | 3,5 | 0,664 | 300 | 0,518 | 0,906 |
| 6 | 4АКГ60М6У3 | 6 | 10,0 | 84,5 | 0,76 | 959 | 3,8 | 0,401 | 310 | 0,358 | 0,800 |
| 7 | 4АК180М6У3 | 6 | 13,0 | 86,0 | 0,86 | 957 | 4,0 | 0,267 | 324 | 0,317 | 0,608 |
| 8 | 4АК200М6У3 | 6 | 18,5 | 88,5 | 0,81 | 971 | 3,5 | 0,168 | 360 | 0,190 | 0,387 |
| 9 | 4АК2006У3 | 6 | 22,0 | 88,0 | 0,80 | 969 | 3,5 | 0,149 | 330 | 0,143 | 0,308 |
| 10 | 4АК225М6У3 | 6 | 30,0 | 90,0 | 0,85 | 976 | 2,5 | 0,106 | 141 | 0,015 | 0,046 |
| 11 | 4АК1608У3 | 8 | 5,5 | 80,0 | 0,70 | 706 | 2,5 | 0,887 | 301 | 0,861 | 1,605 |
| 12 | 4АК160М8У3 | 8 | 7,1 | 82,0 | 0,70 | 712 | 3,0 | 0,622 | 290 | 0,537 | 1,413 |
| 13 | 4АК180М8У3 | 8 | 11,0 | 85,5 | 0,72 | 718 | 3,5 | 0,333 | 267 | 0,253 | 0,684 |
| 14 | 4АК200М8У3 | 8 | 15,0 | 86,0 | 0,73 | 719 | 3,0 | 0,233 | 356 | 0,322 | 0,625 |
| 15 | 4АК2008У3 | 8 | 18,5 | 87,0 | 0,73 | 727 | 3,0 | 0,187 | 301 | 0,1405 | 0,366 |
| 16 | 4АНК1604У3 | 4 | 14,0 | 85,0 | 0,85 | 1425 | 3,0 | 0,358 | 328 | 0,349 | 0,572 |
| 17 | 4АНК160М4У3 | 4 | 17,0 | 87,5 | 0,87 | 1441 | 3,5 | 0,229 | 314 | 0,210 | 0,388 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 4АНК1804УЗ | 4 | 22,0 | 87,0 | 0,86 | 1423 | 3,2 | 0,163 | 299 | 0,190 | 0,315 |
| 19 | 4АНК180М4УЗ | 4 | 30,0 | 90,0 | 0,86 | 1450 | 3,2 | 0,097 | 291 | 0,088 | 0,164 |
| 20 | 4АНК1806УЗ | 6 | 13,0 | 83,5 | 0,81 | 940 | 3,0 | 0,363 | 204 | 0,173 | 0,240 |
| 21 | 4АНК180М6УЗ | 6 | 18,5 | 85,0 | 0,82 | 941 | 3,0 | 0,241 | 336 | 0,326 | 0,466 |
| 22 | 4АНК200М6УЗ | 6 | 22,0 | 89,0 | 0,81 | 967 | 3,0 | 0,1505 | 379 | 0,201 | 0,514 |
| 23 | 4АНК1808УЗ | 8 | 11,0 | 85,0 | 0,76 | 711 | 3,2 | 0,417 | 315 | 0,431 | 0,640 |
| 24 | 4АНК180М8УЗ | 8 | 14,0 | 86,5 | 0,77 | 722 | 3,5 | 0,303 | 307 | 0,235 | 0,392 |
| 25 | 4АНК200М8УЗ | 8 | 18,5 | 86,5 | 0,78 | 721 | 2,5 | 0,242 | 382 | 0,283 | 0,734 |
| 26 | 4АНК2008УЗ | 8 | 22,0 | 86,0 | 0,79 | 713 | 2,5 | 0,1905 | 330 | 0,244 | 0,470 |

- номинальный фазный ток ротора $I_{2н}$;

- приведенный номинальный фазный ток $I'_{2н}$;, б) для неподвижного ротора:

- фазный ток ротора $1_2$;

- приведенные значения $R'_2$, $X'_2$, $E'_2$, $I'_2$.

Сравнить вычисленные значения фазного тока $1_{2н}$ и $1_2$ (или $I'_{2н}$ и $I'_2$).

3. Рассчитать энергетические параметры асинхронного двигателя, работающего в номинальном режиме:

- номинальные электромагнитную мощность $P_{эм.н}$ и электромагнитный момент $M_{эм.н}$; '

- номинальную полную механическую мощность $P_{мех.н}$,

- сумму потерь $\Sigma\Delta P$;

- построить энергетическую диаграмму преобразования активной энергии при работе двигателя в номинальном режиме.

4. Вычислить значение критического скольжения $S_{кр}$ при работе асинхронного двигателя с закороченным ротором (без добавочного сопротивления в цепи ротора); определить параметры короткого замыкания $R_K$ и $X_к$ асинхронного двигателя.

5. Начертить электрическую схему пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.

6. В одной системе координат построить следующие механические характеристики $n_2 = f(M_{ЭМ})$.

- естественную при соединении обмотки статора в треугольник и подключении к сети с линейным напряжением 220 В и закороченной обмоткой ротора;

- искусственную при том же соединении обмотки статора и включении в цепь ротора пускового реостата $R_a$ сопротивление которого необходимо выбрать таким образом, чтобы

начальный пусковой момент был равен максимальному *($M_П=M_{max}$).* Рассчитать значение этого сопротивления.

**Методические рекомендации.**

*К пункту 2.* В связи с тем, что в асинхронном двигателе с фазным ротором число фаз обмотки статора всегда равно числу фаз обмотки ротора *($m_1 = m_2$),* коэффициент приведения э. д. с. равен коэффициенту приведения токов *($K_E = K_I$).* Коэффициент приведения э. д. с. можно определить из паспортных данных

$$K_E = K_{об1}\, W_1/K_{об2}\, W_2 = U_{1н}/E_2. \quad (9.1)$$

*К пункту 3.* Добавочные потери в асинхронном двигателе могут быть определены по формуле

$$\Delta P_Д = 0{,}005 P_{1н}(I_1/I_2)^2. \quad (9.2)$$

*К пункту 4.* Значение критического скольжения можно рассчитать по упрощенной формуле Клосса

$$M_{эм}/M_{max} = 2/(S/S_{кр} + S_{кр}/S) = 1/K_M. \quad (9.3)$$

При решении квадратного уравнения необходимо выбрать корень, удовлетворяющий условию $S_{кр} > S_Н$.

Также значение критического скольжения можно рассчитать по формуле

$$S_{кр} = R'_2/\sqrt{R_1^2 + X_к^2}. \quad (9.4)$$

Индуктивное сопротивление $X_к$ можно определить из

$$M_{max} = \frac{\left(\frac{m_1}{2\Omega_1}\right)\left(\frac{U_{1н}^2}{R_1+\sqrt{R_1^2+X_к^2}}\right)}{}, \quad (9.5)$$

где $\Omega_1 = \omega_1/p = 2\pi f_1/p$ - угловая скорость вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

# Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

**Условие задачи.**

Известны следующие технические данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (табл. 10.1):

- номинальная полезная мощность *P^,*
- номинальное напряжение якоря и обмотки возбуждения £/н;
- номинальная частота вращения ин;
- номинальный к. п. д. %;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов *$R_{in}$.;*
- сопротивление обмотки параллельного возбуждения *$г_в$;*
- падение напряжения на щетках Д[/щ = 2 В при /„ *Ф* 0.

Исходные данные для задачи 10

Таблица 10.1

| Номер вари-анта | $P_{2н}$, кВт | $U_Н$, В | $n_Н$, об/мин | $\eta_Н$, % | $R_a$, Ом | $R_{ДП}$, Ом | $r_В$, Ом | $R_Р$, Ом | $r_р$, Ом |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,0 | 110 | 3000 | 71,5 | 0,6 | 0,35 | 365 | 5 $R_a$ | $r_В$ |
| 2 | 0,9 | 110 | 2000 | 73,0 | 0,64 | 0,4 | 340 | 7 $R_a$ | 0,5 $r_В$ |
| 3 | 1,3 | 110 | 3150 | 76,0 | 0,36 | 0,36 | 340 | 9 $R_a$ | $r_В$ |
| 4 | 0,55 | 220 | 3000 | 71,0 | 1,0 | 0,55 | 222 | 10 $R_a$ | 0,5 $r_В$ |
| 5 | 0,75 | 110 | 3000 | 78,5 | 0,64 | 0,4 | 720 | 4 $R_a$ | $r_В$ |
| 6 | 1,2 | 220 | 2200 | 76,5 | 0,79 | 0,33 | 103 | 6 $R_a$ | 0,5 $r_В$ |
| 7 | 2,0 | 110 | 3000 | 78,5 | 0,2 | 0,14 | 265 | 8 $R_a$ | $r_В$ |
| 8 | 1,1 | 220 | 1500 | 74,0 | 2,2 | 1,57 | 81 | 10 $R_a$ | 0,5 $r_В$ |
| 9 | 1,7 | 110 | 2200 | 77,0 | 0,29 | 0,24 | 295 | 5 $R_a$ | $r_В$ |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 2,2 | 220 | 3150 | 81,0 | 0,52 | 0,51 | 81 | 7 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 11 | 1,5 | 110 | 1590 | 70,0 | 0,42 | 0,36 | 181 | 9 $R_a$ | $r_B$ |
| 12 | 2,5 | 220 | 2200 | 76,0 | 0,79 | 0,68 | 39,4 | 4 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 13 | 3,4 | 110 | 3350 | 79,5 | 0,46 | 0,05 | 96,3 | 6 $R_a$ | $r_B$ |
| 14 | 5,3 | 220 | 3000 | 80,0 | 0,24 | 0,2 | 25,3 | 8 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 15 | 1,4 | 110 | 3000 | 78,5 | 0,2 | 0,13 | 403 | 10 $R_a$ | $r_B$ |
| 16 | 1,6 | 110 | 790 | 68,0 | 0,47 | 0,31 | 134 | 5 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 17 | 7,0 | 110 | 2200 | 81,0 | 0,07 | 0,05 | 111 | 7 $R_a$ | $r_B$ |
| 18 | 4,0 | 220 | 1500 | 79,0 | 0,56 | 0,34 | 35 | 9 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 19 | 10,5 | 440 | 3000 | 85,0 | 0,56 | 0,34 | 25,6 | 4 $R_a$ | $r_B$ |
| 20 | 1,9 | 110 | 750 | 71,0 | 0,32 | 0,27 | 138 | 6 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 21 | 3,0 | 220 | 1000 | 75,5 | 0,88 | 0,64 | 37,5 | 8 $R_a$ | $r_B$ |
| 22 | 5,5 | 110 | 1500 | 80,0 | 0,88 | 0,07 | 101 | 10 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |
| 23 | 8,5 | 440 | 2240 | 84,5 | 0,67 | 0,45 | 25 | 5 $R_a$ | $r_B$ |
| 24 | 3,7 | 220 | 2360 | 81,0 | 0,35 | 0,22 | 54,5 | 7 $R_a$ | 0,5 $r_B$ |

**Последовательность решения.**

1. Начертить электрическую схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с включением добавочных регулировочных резисторов в цепь якоря $R_P$ и в цепь обмотки возбуждения $r_P$.

2. Определить номинальную мощность на входе двигателя $P_{1H}$, номинальные токи якоря $I_{AH}$ и возбуждения $i_{BH}$ и номинальный момент на валу двигателя $M_{2H}$.

3. Рассчитать и построить в одной системе координат механические характеристики двигателя постоянного тока, включенного в сеть с номинальным напряжением $U_H$:

а) естественную ($R_P = 0$; $r_P = 0$);

б) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь якоря ($R_P \neq 0$; $r_P = 0$);

в) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь возбуждения ($R_P = 0$; $r_P \neq 0$).

4. Объяснить, что произойдет с работающим двигателем при обрыве в цепи возбуждения, если система автоматической защиты из-за неисправности не отключит вовремя двигатель от сети.

5. Рассчитать максимальные значения сопротивления пускового реостата $R_{max}$, включенного в цепь якоря, при реостатном способе пуска двигателя, если известно, что пусковой ток не должен превышать двойного номинального значения ($I_{AП} \leq 2I_{AH}$).

**Методические рекомендации.**

*К пункту 2.* В двигателе постоянного тока параллельного возбуждения номинальный ток $I_H = I_{AH} + i_{BH}$

*К пункту 3.* Для решения задачи необходимо рассчитать произведение конструктивной постоянной электрической машины на номинальный магнитный поток $c\Phi$,, при $U_n$. Это значение можно определить из паспортных данных двигателя, используя выражения:

$$E_A = c\Phi_H \Omega_H$$

$$E_A = U_H - I_{AH}(R_a + R_{ДП}) - \Delta U_{Щ}$$

где $E_A$ - э.д.с. якоря; $\Omega_H$ - угловая скорость двигателя постоянного тока; $R_a$ - сопротивление обмотки якоря.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


**1. Бессонов Л. А.** Теоретические основы электротехники. Ч, 1. Электрические цепи. М.: Высшая школа. 1996. 628 с.

**2. Каплянский А. Е., Лысенко А. П., Полотовский Л. С.** Теоретические основы электротехники / Под ред. А. Е. Каплянского. М.: Высшая школа, 1972. 447 с.

**3. Нейман Л.Р., Демирчан К.С.** Теоретические основы электротехники. Т. 1: Ч. 1. Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2. Теория линейных электрических цепей. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 533 с.

**4. Нейман Л. Р., Демирчан К. С.** Теоретические основы электротехники. Т. 2: Ч. 3. Теория нелинейных электрических и магнитных цепей. Ч. 4. Теория электромагнитного поля. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1981.415 с.

**5. Атабеков Г. И.** Основы теории цепей: Учебник для вузов. М: Энергия, 1969. 424 с.

**6. Атабеков Г. И. и др.** Теоретические основы электротехники. Ч. 2. Нелинейные цепи. М.: Энергия, 1970. 232 с.

**7. Нейман Л. Р., Демирчан К. С.** Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. В 2-х тт. Том 2. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 416 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ*

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ..... 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса ..... 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам ..... 5
Подготовка и написание контрольной работы ..... 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) ..... 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ..... 8
Подготовка к зачёту ..... 8
Подготовка к экзамену ..... 8

# ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

## Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

**Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

**Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

***Министерство науки и высшего образования Российской Федерации***
*ФГБОУ ВО*
***Уральский государственный горный университет***

***Факультет горномеханический***

***Кафедра электрификации горных предприятий***

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 – «ГОРНОЕ ДЕЛО» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ (ПРЕДПРИЯТИЙ)»*

*г. Екатеринбург*
*2022 г.*

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение…….2

2. Тематический план дисциплины……....4

3. Указания по выполнению контрольной работы……..7

4. Вопросы по дисциплине……..8

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины……9

5.1. Основная литература……..9

5.2. Дополнительная литература……..10

Приложения:

Рис.1 Схема электроснабжения карьера……..11

Таблица 1. Варианты заданий к контрольной работе……11

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплины «Электрификация горных работ» и «Электрификация горных предприятий» являются одними из специальных дисциплин подготовки дипломированных специалистов специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Современные карьеры и разрезы являются крупными потребителями электрической энергии. Основные технологические машины и различные виды транспорта на горных предприятиях электрифицированы и оборудованы электрическими приводами. В связи с этим в дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ» изучаются вопросы производства, передачи, преобразования и распределения электрической энергии, безопасного и рационального использования электроэнергии на горных предприятиях.

Основными целями и задачами дисциплины является вооружение обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми:

- в практической работе по эксплуатации электрифицированных горных машин;
- для технически грамотной эксплуатации электрооборудования открытых горных работ;
- для безопасного и рационального использования электроэнергии на горных предприятиях.

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное

время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

*самовоспроизводящая* – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

*поисковая* – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

*творческая* – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

**Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы**

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4.1), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

*Контрольная работа* (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

*Расчетно-графическая работа* (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов, или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

## 2.ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование раздела и темы | Объем СРС, час | | Литература (страницы) |
|---|---|---|---|
| | очная форма обучения | заочная форма обучения | |
| **Раздел 1. Электроснабжение горных предприятий** | **2** | **7** | |
| 1.1. Введение. Источники электрической энергии. Источники электроснабжения горных предприятий. | - | 2 | [1] с. 11-12, 15-16; [2] с. 107-108 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.2. Основные требования к системам электроснабжения горных предприятий. Категории электроприемников по надежности электроснабжения. | - | 1 | [1] с. 12-15; [2] с. 50-53, 102-107 |
| 1.3. Типовые схемы внешнего электроснабжения карьеров и разрезов. | 1 | 2 | [1] с. 16-20; [2] с. 108-110 |
| 1.4. Типовые схемы внутреннего электроснабжения карьеров и разрезов. | 1 | 2 | [1] с. 20-24; [2] с. 362-368 |
| **Раздел 2. Электрические нагрузки и определение мощности трансформаторных подстанций** | **4** | **8** | |
| 2.1. Характеристики электроприемников. Графики электрических нагрузок. | - | 2 | [1] с. 239 |
| 2.2. Расчет электрических нагрузок. Определение местоположения главной понижающей подстанции (ГПП). | 3 | 4 | [1] с. 239-247; [2] с. 76-88, 434-435; [3] с. 5-7 |
| 2.3. Выбор числа, мощности и наивыгоднейшего режима работы трансформаторов ГПП и ПКТП. | 1 | 2 | [1] с. 247-250; [2] с. 436-441; [3] с. 9-13 |
| **Раздел 3. Устройство и расчет электрических сетей** | **3** | **8** | |
| 3.1. Конструктивное выполнение воздушных и кабельных ЛЭП | - | 2 | [1] с. 173-184; [2] с. 369-371 |
| 3.2. Выбор сечения проводов и кабелей | 3 | 6 | [1] с. 184-196; [3] с. 13-19 |
| **Раздел 4. Токи короткого замыкания** | **-** | **6** | |
| 4.1. Виды коротких замыканий. Процесс короткого замыкания. | - | 2 | [1] с. 196-197 |
| 4.2. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до и выше 1000 В. | - | 4 | [1] с. 197-206 |
| **Раздел 5. Электрические подстанции открытых горных работ** | **-** | **8** | |
| 5.1. Устройство и электрооборудование трансформаторных подстанций. | - | 4 | [1] с. 209-238, 283-303 |
| 5.2. Устройство и электрооборудование тяговых подстанций. | - | 2 | [1] с. 399-408; [2] с. 484-489 |
| 5.3. Выбор электрооборудования подстанций напряжением до и выше 1000 В. | - | 2 | [1] с. 250-258, 277-280 |
| **Раздел 6. Электрическое освещение** | **2** | **6** | |
| 6.1. Основные светотехнические параметры. | 1 | 2 | [1] с. 131-133; |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | [2] с. 118-120 |
| 6.2. Электрические источники света и осветительные установки карьеров. | 1 | 2 | [1] с. 133-151;<br>[2] с. 120-138 |
| 6.3. Расчет электрического освещения карьеров. | - | 2 | [1] с. 151-163;<br>[2] с. 148-161 |
| **Раздел 7. Основные энергетические показатели электрохозяйства карьеров** | **1** | **3** | |
| 8.1. Коэффициент мощности и способы его повышения. | - | 1 | [1] с. 456-466;<br>[3] с. 7-9 |
| 8.2. Удельный расход электроэнергии. Электровооруженность труда. | 1 | 1 | [1] с. 445-456;<br>[2] с. 55-56;<br>[3] с. 22 |
| 8.3. Тарификация электроэнергии. | - | 1 | [1] с.439-445<br>[2] с. 59-62;<br>[3] с. 22-24 |
| **Раздел 8. Основы электробезопасности.** | **4** | **8** | |
| 9.1. Действие электрического тока на организм человека. | - | 2 | [1] с. 35-39;<br>[2] с. 169-175 |
| 9.2. Контроль изоляции и защитное отключение. | 2 | 2 | [1] с. 48-81;<br>[2] с. 207-220 |
| 9.3. Защитное заземление. Испытания заземляющих устройств. | 2 | 2 | [1] с. 91-125;<br>[2] с. 194-196;<br>[3] с. 19-21 |
| 9.4. Меры по безопасному обслуживанию электроустановок горных предприятий. | - | 2 | [1] с. 125-128 |
| **ИТОГО** | **31** | **58** | |

## 3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа предназначена для закрепления теоретического материла, приобретения навыков выполнения электротехнических расчетов и пользования справочной специализированной литературой.

Контрольная работа выполняется студентами по вариантам исходных данных, которые задаются преподавателем каждому студенту индивидуально. Исходные данные по вариантам

заданий соответствуют схеме электроснабжения карьера (рис.1) и приведены в табл.1 Приложения к настоящим методическим указаниям.

Контрольная работа выполняется на белой бумаге формата А4 с применением персонального компьютера шрифтом Times New Roman (размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5). В исключительных случаях допускается представить контрольную работу, выполненную аккуратно в ученической тетради рукописным образом. В любом случае титульный лист пояснительной записки должен соответствовать образцу, выставленному на сайте кафедры ЭГП (http://egp.3dn.ru). Выполненная контрольная работа должна быть сдана на кафедру ЭГП и зарегистрирована не позднее дня проведения предэкзаменационной консультации.

При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих общих требований:

- ✓ принятые решения должны иметь обоснования, сопровождаемые соответствующими расчетами и пояснениями;
- ✓ при выборе электрооборудования необходимо приводить его основные технические характеристики;
- ✓ схемы должны изображаться в условных графических обозначениях, предусмотренных действующими ГОСТ;
- ✓ работа выполняется с оставлением полей шириной 3 см для замечаний преподавателя.

При выполнении контрольной работы необходимо решить следующее:

1. выполнить расчет электрических нагрузок по карьеру;
2. выбрать, при необходимости, средства компенсации реактивной мощности;
3. определить количество и мощность силовых трансформаторов на главной понижающей подстанции (ГПП);
4. определить мощность и выбрать ПКТП для ламп ДКсТ и для буровых станков;
5. выполнить расчет воздушных и кабельных ЛЭП карьера;
6. произвести расчет защитного заземления электроустановок карьера.

Расчет электрических нагрузок рекомендуется проводить по установленной мощности и коэффициенту спроса. Результаты расчетов следует представить в виде таблицы – формуляра электрических нагрузок. При составлении формуляра электрических нагрузок все электроприемники карьера независимо от их напряжения следует сгруппировать по отдельным воздушным ЛЭП (ВЛ-1, ВЛ-2, ВЛ-3). Формуляр электрических нагрузок и методика его заполнения изложены в [4].

Для выбора средств компенсации реактивной мощности необходимо, прежде всего, определить величину средневзвешенного коэффициента мощности по карьеру. В зависимости от соотношения между расчетным значением и нормированным значением коэффициента реактивной мощности принимается решение о необходимости применения искусственной компенсации реактивной мощности. Методика выбора компенсирующих устройств изложена в [4].

Выбор числа и мощности трансформаторов на ГПП карьеров производится, исходя и расчетной нагрузки и категории электроприемников. При наличии на карьере электроприемников I и II категорий на ГПП устанавливается, как правило, не менее двух силовых трансформаторов, что необходимо для резервирования питания. Трансформаторы принимаются, как

правило, одинаковой мощности, которая определяется с учетом их перегрузочной способности и требований по резервированию [4]. По величине расчетной мощности с помощью справочной литературы, указанной в [4], выбираются соответствующие трансформаторы.

При определении мощности силового трансформатора ПКТП для питания лампы ДКсТ следует учитывать его несимметричную работу. Расчетная мощность может быть определена по соответствующим выражениям, приведенным в [4].

Мощность силового трансформатора ПКТП для питания бурового станка определяется по суммарной установленной мощности электроприемников бурового станка с учетом группового коэффициента спроса, величина которого зависит от количества электроприемников в группе и может быть определена по соответствующим выражениям, приведенным в [4].Выбранный трансформатор для ПКТП бурового станка должен быть проверен по условию прямого пуска наиболее мощного в группе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

При расчете воздушных и кабельных ЛЭП карьера необходимо выбрать марку и сечение проводов воздушных ЛЭП (ВЛ-1, ВЛ-2, ВЛ-3), марку и сечение токоведущих жил кабелей для питания экскаваторов и буровых станков. При расчете воздушных ЛЭП следует учитывать, что ВЛ-1 является стационарной, а ВЛ-2 и ВЛ-3 являются передвижными. Гибкие кабели горных машин карьеров относятся к временным ЛЭП. Применяемые методы расчета воздушных и кабельных ЛЭП карьеров приведены в [4].

При расчете защитного заземления электроустановок карьера необходимо определить тип и количество электродов центрального заземлителя и сечение заземляющих проводников. Расчет производится для наиболее удаленного от центрального заземлителя электроприемника карьера. Центральный заземлитель сооружается, как правило, на борту карьера вблизи от ГПП. Методика расчета защитного заземления электроустановок карьеров изложена в [4].

На основании проведенных расчетов необходимо изобразить схему электроснабжения карьера с указанием на ней типов электрооборудования, марок воздушных и кабельных ЛЭП.

## 4. ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Производство электроэнергии. Типы электростанций, их основные показатели.
2. Энергетическая система России. Структура, преимущества объединенной энергосистемы.
3. Номинальные напряжения источников и электроприемников.
4. Основные требования к системам электроснабжения горных предприятий.
5. Типовые схемы внешнего электроснабжения горных предприятий. Способы резервирования источников питания и электрических сетей.
6. Типовые схемы внутреннего электроснабжения карьеров и разрезов.
7. Характеристики потребителей электрической энергии. Установленная, присоединенная, потребляемая мощности. Коэффициент спроса.
8. Коэффициент мощности электроустановок: понятие, последствия низкого коэффициента мощности, способы повышения (естественные и искусственные).
9. Графики электрических нагрузок, их основные показатели.
10. Расчет электрических нагрузок. Методы расчета. Определение расчетных электрических нагрузок методом коэффициента спроса.
11. Картограмма электрических нагрузок. Определение месторасположения символического центра электрических нагрузок.
12. Выбор силовых трансформаторов ГПП и ПКТП.

13. Электрооборудование трансформаторных подстанций (силовые трансформаторы, выключатели, разъединители, отделители и короткозамыкатели, предохранители, измерительные трансформаторы, ограничители перенапряжений и пр.).
14. Аппаратура управления и защиты напряжением до 1000 В (автоматический фидерный выключатель; магнитные пускатели; предохранители; тепловые реле и т.п.)
15. Устройство воздушных и кабельных линий электропередачи.
16. Расчет электрических сетей: выбор сечений проводов воздушных ЛЭП, выбор марки и сечения проводников кабельных ЛЭП.
17. Причины и виды коротких замыканий. Процесс протекания короткого замыкания.
18. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до и выше 1000 В.
19. Выбор электрических аппаратов распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В.
20. Основные светотехнические характеристики источников света.
21. Рудничные осветительные приборы. Люминесцентные лампы. Стартерная схема зажигания люминесцентных ламп.
22. Рудничные осветительные приборы. Дуговая ртутная лампа типа ДРЛ. Схема зажигания лампы ДРЛ.
23. Дуговая ксеноновая лампа типа ДКсТ. Схема зажигания лампы ДКсТ-20000.
24. Виды поражений человека электрическим током.
25. Воздействие электрического тока на организм человека. Классификация токов по ответной реакции организма человека.
26. Факторы, определяющие опасность поражения человека электрическим током.
27. Режимы нейтрали электрических сетей. Понятия и определения.
28. Анализ безопасности в электрических сетях с изолированной нейтралью. Достоинства и недостатки электрических сетей с изолированнной нейтралью.
29. Анализ безопасности в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью. Достоинства и недостатки электрических сетей с глухозаземленной нейтралью.
30. Защитное отключение. Назначение, область применения, требования ПБ к устройствам защитного отключения и к их эксплуатации.
31. Реле утечки УАКИ-380. Упрощенная схема. Работа реле утечки.
32. Защитное заземление электроустановок: назначение, область применения, принцип действия, требования ПБ к заземлению электроустановок карьеров.
33. Проверка состояния и измерение сопротивления заземляющих устройств электроустановок карьеров.
34. Расчет заземляющих устройств. Цель и порядок расчета.
35. Тарификация электроэнергии. Виды тарифов для промышленных предприятий. Скидки и надбавки к тарифам.
36. Удельный расход электроэнергии. Понятие, виды удельных норм.
37. Электровооруженность труда.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература

1. Чеботаев Н. И. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ: Учебник для вузов. – М.: Изд-во «Горная книга», 2006. – 474 с.

### 5.2. Дополнительная литература

2. Электрификация горного производства: Учебник для вузов: В 2 т. / Под ред. Л. А. Пучкова и Г. Г. Пивняка. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2007. – Т.1. – 511 с.

3. Электропривод и электрификация приисков: Учебник для вузов / Г. А. Багаутинов, Ю. А. Марков, А. П. Маругин, В. С. Стариков. – М.: Недра, 1989. – 303 с.
4. Стариков В. С. Электроснабжение карьера (прииска): Учебно-методическое пособие для студентов специальности 090500 – «Открытые горные работы» (ОГР). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 27 с.
5. Бекетов В. Ф. Методические разработки по лабораторным работам по электрооборудованию для студентов неэлектрических специальностей. Часть 2. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000.

Методические указания для самостоятельной работы студентов составил: доцент кафедры ЭГП Стариков В. С., доцент, канд. техн. наук.

Рис.1 Схема электроснабжения карьера

**Варианты заданий к контрольной работе**

**Таблица 1**

| № варианта | Тип экскаватора | | | Тип бур. станка (БС) | Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт | Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ | Протяженность ВЛ, км | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Эк-р 1 | Эк-р 2 | Эк-р 3 | | | | ВЛ-1 | ВЛ-2 | ВЛ-3 |
| 1 | ЭКГ-8У | ЭКГ-8Н | ЭКГ-8Н | СБШ-250МН | 500 | 20 | 0,8 | 1,8 | 1,5 |
| 2 | ЭКГ-5У | ЭКГ-12 | ЭКГ-12 | СБШ-250МН | 350 | 20 | 1,0 | 1,6 | 1,4 |
| 3 | ЭКГ-5А | ЭКГ-12 | ЭКГ-12 | 2СБШ-200 | 140 | 50 | 1,6 | 2,0 | 1,8 |
| 4 | ЭКГ-8Н | ЭКГ-10 | ЭКГ-8,3 | СБШ-250 | 800 | 50 | 1,8 | 2,0 | 1,4 |
| 5 | ЭКГ-10 | ЭКГ-12У | ЭКГ-10 | 2СБШ-200 | 500 | 20 | 1,4 | 1,6 | 1,2 |
| 6 | ЭКГ-12Ус | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБУ-160 | 350 | 20 | 2,0 | 1,8 | 1,6 |
| 7 | ЭКГ-8У | ЭКГ-8Н | ЭКГ-8Н | СБО-2 | 200 | 100 | 1,8 | 1,6 | 1,4 |
| 8 | ЭКГ-5У | ЭКГ-12 | ЭКГ-12 | СБШ-250 | 500 | 50 | 0,5 | 1,0 | 0,8 |
| 9 | ЭКГ-8,3 | ЭКГ-8Н | ЭКГ-8Н | 2СБШ-200Н | 350 | 20 | 0,6 | 0,8 | 1,2 |
| 10 | ЭКГ-8Н | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СВБ-2М | 140 | 20 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 11 | ЭКГ-12Ус | ЭКГ-8Н | ЭКГ-12 | СБШ-250МН | 500 | 50 | 1,0 | 1,2 | 0,8 |

**Варианты заданий к контрольной работе (продолжение табл.1)**

| № варианта | Тип экскаватора | | | Тип бур. станка (БС) | Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт | Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ | Протяженность ВЛ, км | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Эк-р 1 | Эк-р 2 | Эк-р 3 | | | | ВЛ-1 | ВЛ-2 | ВЛ-3 |
| 12 | ЭКГ-8У | ЭКГ-8Н | ЭКГ-8Н | 2СБШ-200 | **800** | 100 | 0,8 | 1,0 | 1,4 |
| 13 | ЭКГ-15 | ЭКГ-10 | ЭКГ-10 | СБШ-320 | 500 | 20 | 1,6 | 1,6 | 1,2 |
| 14 | ЭКГ-8У | ЭКГ-8Н | ЭКГ-10 | СБР-160 | 300 | 50 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| 15 | ЭКГ-8Н | ЭКГ-10 | ЭКГ-12 | СБШ-250 МН | 800 | 100 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 16 | ЭКГ-10 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | СБШ-250 | 200 | 20 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |
| 17 | ЭКГ-12У | ЭКГ-10 | ЭКГ-10 | 2СБШ-200 | 500 | 50 | 1,6 | 1,6 | 1,2 |
| 18 | ЭКГ-5У | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБР-160 | 800 | 20 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 19 | ЭКГ-15 | ЭКГ-8Н | ЭКГ-8Н | 2СБШ-200 | 800 | 20 | 1,5 | 1,7 | 1,6 |
| 20 | ЭКГ-10 | ЭКГ-12 | ЭКГ-12 | СБШ-320 | 500 | 50 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| 21 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-8И | ЭКГ12,5 | СБШ-250МН | 500 | 20 | 1,8 | 2,0 | 1,4 |
| 22 | ЭВГ-6 | ЭКГ-8 | ЭКГ-12,5 | СБШ-250МН | 350 | 20 | 1,8 | 1,6 | 1,4 |
| 23 | ЭВГ-15 | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-12,5 | СБШ-320 | 140 | 50 | 1,4 | 1,6 | 1,2 |
| 24 | ЭКГ-8 | ЭКГ-8 | ЭКГ-10 | СБШ-250 | 800 | 50 | 0,6 | 0,8 | 1,2 |
| 25 | ЭКГ-8И | ЭКГ-10 | ЭКГ-12,5 | 2СБШ-200 | 500 | 20 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |
| 26 | ЭШ-6/60 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБО-2 | 200 | 20 | 1,0 | 1,2 | 0,8 |
| 27 | ЭШ-10/60А | ЭКГ-8 | ЭКГ-8 | 2СБШ-200 | 500 | 50 | 0,80 | 1,0 | 1,4 |
| 28 | ЭШ-10/70 | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-12,5 | СБР-160 | 800 | 20 | 0,6 | 0,8 | 1,2 |
| 29 | ЭШ-14/75 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | 2СБШ-200 | 400 | 50 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 30 | ЭШ-15/90А | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | СБШ-320 | 500 | 50 | 1,5 | 1,7 | 1,6 |
| 31 | ЭШ-4/40 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | СВБ-2М | 180 | 20 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 32 | ЭШ-5/45М | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-12,5 | 2СБШ-200 | 800 | 100 | 1,6 | 1,6 | 1,2 |
| 33 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-12,5 | СБШ-320 | 500 | 20 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 34 | ЭКГ-8 | ЭКГ-10 | ЭКГ-8 | СБР-160 | 300 | 50 | 0,8 | 1,0 | 1,4 |
| 35 | ЭКГ-10 | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-10 | СБШ-320 | 800 | 100 | 1,8 | 1,6 | 1,4 |
| 36 | ЭКГ-10 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | СБУ-160 | 350 | 20 | 1,0 | 1,2 | 0,8 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | ЭШ-6/60 | ЭКГ-10 | ЭКГ-10 | СБО-2 | 200 | 100 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |

**Варианты заданий к контрольной работе (продолжение табл.1)**

| № варианта | Тип экскаватора | | | Тип бур. станка (БС) | Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт | Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ | Протяженность ВЛ, км | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Эк-р 1 | Эк-р 2 | Эк-р 3 | | | | ВЛ-1 | ВЛ-2 | ВЛ-3 |
| 38 | ЭВГ-6 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБШ-250 | 500 | 50 | 1,6 | 1,6 | 1,2 |
| 39 | ЭШ-10/70 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | 2СБШ-200Н | 350 | 20 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| 40 | ЭШ-14/75 | ЭКГ-12,5 | ЭКГ-12,5 | СВБ-2М | 800 | 50 | 0,8 | 1,8 | 1,5 |
| 41 | ЭВГ-6 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБР-160 | 300 | 10 | 0,5 | 1,0 | 0,8 |
| 42 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | ЭШ-6/60 | 2СБШ-200 | 300 | 50 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 43 | ЭШ-4/40 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | СБУ-160 | 500 | 20 | 1,0 | 1,3 | 1,5 |
| 44 | ЭКГ-8И | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-8И | СБШ-250 | 300 | 20 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| 45 | ЭШ-5/45М | ЭВГ-6 | ЭКГ-8И | СБР-160 | 630 | 50 | 1,2 | 1,5 | 1,3 |
| 46 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-8 | СБО-2 | 250 | 50 | 1,5 | 1,7 | 1,8 |
| 47 | ЭШ-10/60 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | СБУ-160 | 500 | 20 | 0,6 | 0,8 | 1,2 |
| 48 | ЭШ-6/60 | ЭКГ-8 | ЭКГ-8 | 2СБШ-200Н | 300 | 20 | 0,8 | 1,0 | 1,0 |
| 49 | ЭКГ-8 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | СБШ-250 | 500 | 50 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 50 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | ЭКГ-8И | СБШ-250 | 800 | 20 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| 51 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | ЭШ-10/70А | СБР-125 | 150 | 50 | 1,2 | 1,4 | 0,8 |
| 52 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | ЭВГ-15 | СВБ-2М | 200 | 20 | 1,4 | 1,6 | 1,2 |
| 53 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | СБШ-250МН | 100 | 50 | 1,5 | 1,8 | 1,3 |
| 54 | ЭКГ-8И | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-8И | 2СБШ-200Н | 300 | 20 | 1,2 | 1,6 | 1,0 |
| 55 | ЭКГ-4,6Б | ЭКГ-4,6Б | ЭШ-5/45 | 2СБШ-200 | 240 | 10 | 1,8 | 1,4 | 1,0 |
| 56 | ЭКГ-8И | ЭКГ-8И | ЭВГ-35/65М | СБШ-320 | 300 | 50 | 1,6 | 1,8 | 1,6 |
| 57 | ЭКГ-4,6 | ЭКГ-4,6 | ЭШ-10/60А | СБР-160 | 240 | 20 | 1,8 | 1,6 | 0,8 |
| 58 | ЭКГ-5А | ЭКГ-5А | ЭКГ-12,5 | СБО-2 | 200 | 50 | 1,6 | 1,4 | 1,0 |
| 59 | ЭВГ-6 | ЭКГ-8 | ЭВГ-6 | СБШ-250 | 100 | 20 | 1,8 | 1,5 | 1,2 |
| 60 | ЭКГ-5А | ЭКГ-4,6Б | ЭШ-6/60 | СБУ-160 | 300 | 20 | 1,8 | 1,2 | 1,6 |

Примечания: 1) длину экскаваторного кабеля принять 250 м;
2) длину кабеля для бурового станка принять 120 м.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

# Б1.В.08 ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Технической механики | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Волков Е.Б. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 15.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «Прикладная механика».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа, зачет.

## ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций*

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

***Самостоятельная работа включает выполнение расчетно-графической работы.***

При выполнении расчетно-графической работы по заданной кинематической схеме механизма и исходным данным необходимо выполнить следующие виды работ:

– провести структурный анализ механизма;

– выполнить кинематический анализ механизма, для чего при заданном положении кривошипа построить планы механизма, скоростей и ускорений, а также эскиз вала кривошипа с установленными на нём элементами;

– определить величину уравновешивающей силы и уравновешивающего момента методом «жёсткого рычага» Н.Е. Жуковского;

– произвести проверочный расчёт вала кривошипа, включающий оценку статической прочности и расчёт на сопротивление усталости.

Масштабы плана механизма и эскиза вала принимаются по ЕСКД, масштабы планов скоростей и ускорений и «жёсткого рычага» выбираются самостоятельно с учётом рационального расположения построений на листе формата А1.

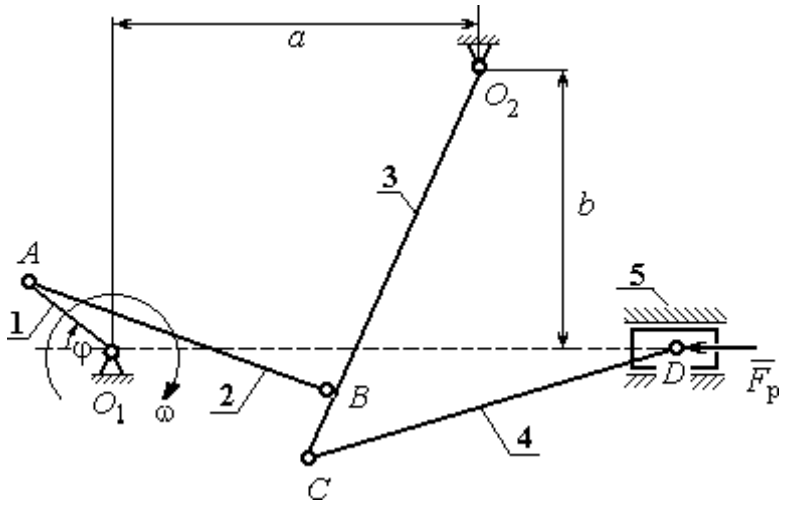
В расчётах для всех заданий и вариантов принять предел текучести материала вала $\sigma_т$ = 380 МПа, допускаемое напряжение смятия шпонки $[\sigma_{см}]$ = 120 МПа, обработку поверхности вала – чистовую.

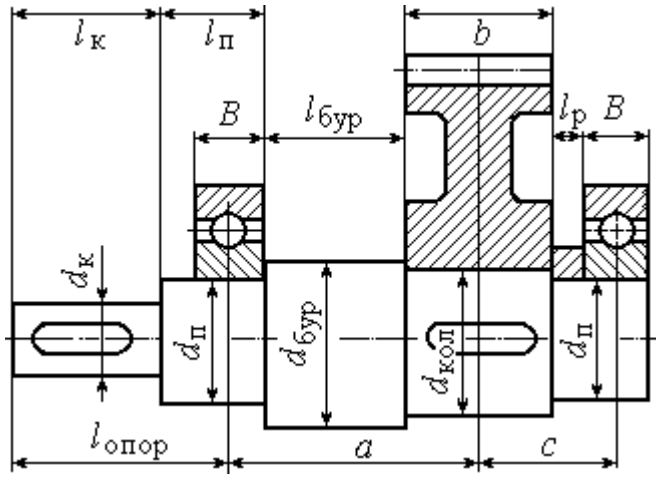
По результатам расчётов составить пояснительную записку на листах формата А4, оформленную в соответствии с правилами ЕСКД.

Построение планов механизма, скоростей, ускорений и «жёсткого рычага» выполнить на листе формата А1.

**Вариант задания № 1. Инерционный конвейер**

Схемы механизма инерционного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 1




**Инерционный конвейер** состоит из кривошипа 1 шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения в точке $O_1$, а центры масс остальных звеньев – посередине их длин. Сила сопротивления движению рештака постоянна и равна $F_р$. Рабочий ход слева – направо. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинальной.

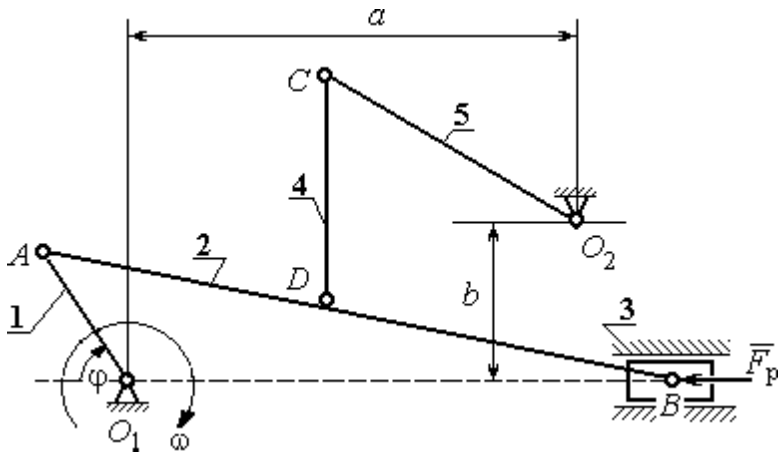
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа инерционного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

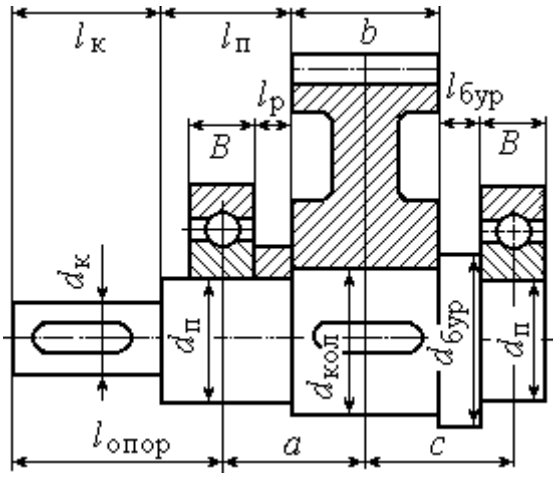
**Варианты исходных данных механизма инерционного конвейера для варианта задания № 1**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,24 | 0,25 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,8 | 0,11 | 0,11 | 0,29 | 0,23 | 0,11 | 0,11 | 0,92 | 1,06 |
| | $O_2B$ | 1,0 | 1,0 | 0,12 | 0,12 | 0,25 | 0,25 | 0,12 | 0,12 | 0,84 | 0,87 |
| | $O_2C$ | 1,2 | 1,2 | 0,1 | 0,12 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,12 | 0,9 | 0,5 |
| | $CD$ | 1,2 | 1,2 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,45 | 0,65 |
| | $a$ | 0,9 | 0,9 | 0,06 | 0,04 | 0,15 | 0,35 | 0,04 | 0,07 | 0,8 | 0,8 |
| | $b$ | 0,7 | 0,7 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 0,06 | 0,02 | 0,6 | 0,6 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 45 | 30 | 290 | 235 | 120 | 115 | 140 | 50 | 300 | 150 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 95 | 200 | 180 | 150 | 170 | 250 | 190 | 100 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 80 | 8 | 15 | 18 | 38 | 24 | 16 | 20 | 37 | 32 |
| | $m_3$ | 100 | 10 | 18 | 25 | 23 | 30 | 28 | 25 | 22 | 17 |
| | $m_4$ | 60 | 6 | 25 | 25 | 30 | 40 | 40 | 30 | 36 | 31 |
| | $m_5$ | 100 | 10 | 100 | 70 | 80 | 90 | 90 | 60 | 73 | 62 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | 0,18 | 0,09 | 0,3 | 0,21 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,08 | 0,2 | 4,1 | 3,1 |
| | $J_3$ | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,18 | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 2,7 | 2,9 |
| | $J_4$ | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,0 | 1,03 | 1,4 | 1,4 | 1,05 | 1,6 | 1,1 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 10,0 | 2,25 | 3,0 | 2,5 | 1,5 | 1,6 | 3,0 | 1,8 | 4,6 | 3,6 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 6,3 | 4,1 | 4,0 | 4,5 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 650 | 750 | 750 | 800 | 850 | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 2. Плунжерный питатель с грохотом**

Схемы механизма плунжерного питателя с грохотом и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 2




**Плунжерный питатель с грохотом** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 4, сита грохота 5, плунжера 3. Центр тяжести кривошипа расположен на оси вращения $O_1$, центры тяжести остальных звеньев находятся в их середине. Сила сопротивления движению плунжера 3 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода (рабочий ход слева – направо). На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

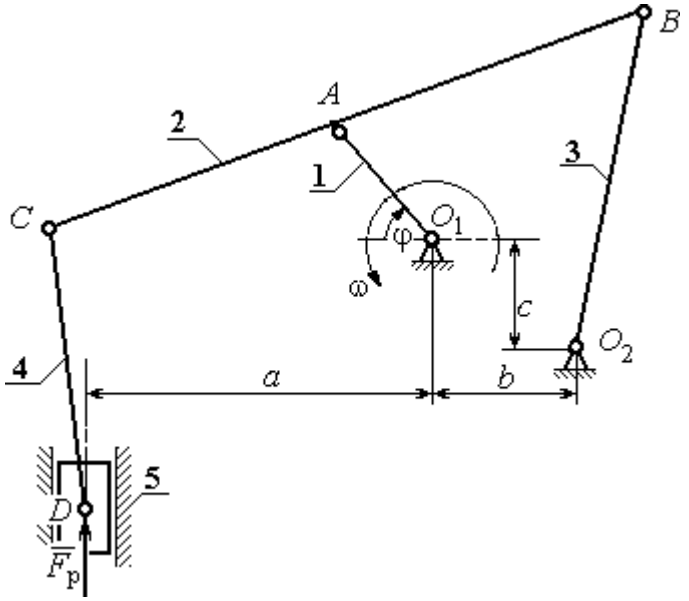
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа плунжерного питателя** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

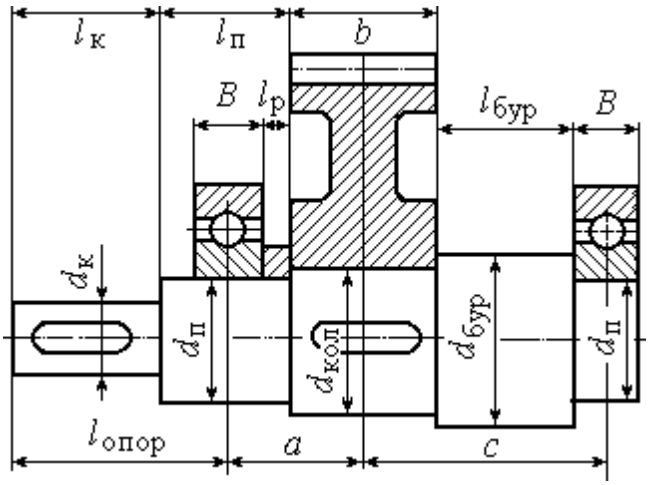
**Варианты исходных данных механизма плунжерного питателя с грохотом для варианта задания № 2**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,8 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,1 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |
| | $DB$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,43 | 0,33 |
| | $O_2C$ | 0,4 | 0,27 | 0,19 | 0,3 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,31 | 0,21 |
| | $CD$ | 0,12 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,13 | 0,14 | 0,2 | 0,16 | 0,16 |
| | $a$ | 0,57 | 0,45 | 0,4 | 0,57 | 0,45 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,4 |
| | $b$ | 0,12 | 0,02 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 58 | 55 | 55 | 58 | 57 | 65 | 60 | 70 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 150 | 30 | 210 | 150 | 160 | 140 | 130 | 160 | 130 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 42 | 38 | 35 | 36 | 31 | 35 | 36 | 31 | 40 | 40 |
| | $m_3$ | 8 | 12 | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 | 10 | 12 |
| | $m_4$ | 16 | 9 | 16 | 18 | 20 | 13 | 14 | 20 | 16 | 16 |
| | $m_5$ | 40 | 27 | 35 | 30 | 24 | 25 | 22 | 24 | 31 | 21 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| | $J_2$ | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,2 |
| | $J_4$ | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| | $J_5$ | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,6 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 100 | 90 | 980 | 80 | 80 | 80 | 700 | 80 | 100 | 60 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 | 650 | 750 | 700 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 3. Поршневой насос**

Схемы механизма поршневого насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 3




Механизм **поршневого насоса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня сверху – вниз. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

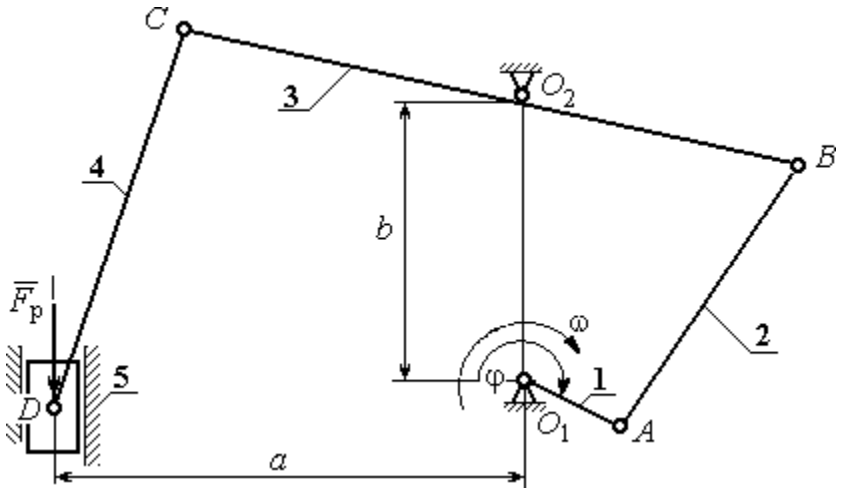
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа поршневого насоса** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

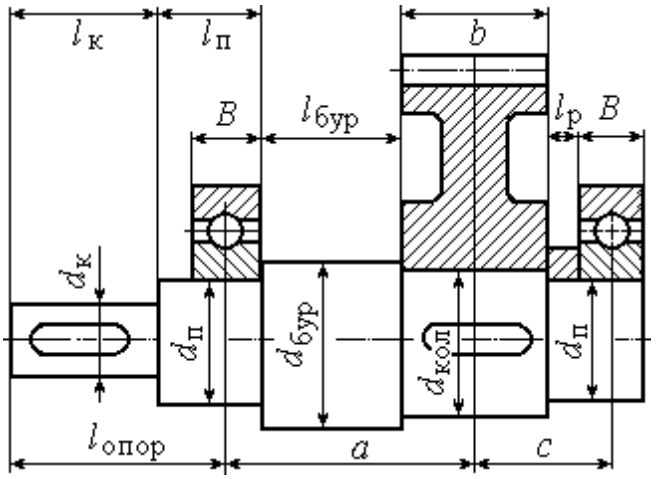
**Варианты исходных данных механизма поршневого насоса для варианта задания № 3**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,11 | 0,18 | 0,13 | 0,12 | 0,18 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,56 | 0,5 | 0,52 | 0,6 | 0,6 | 0,56 | 0,47 | 0,45 | 0,56 | 0,42 |
| | $AC$ | 0,38 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,42 | 0,35 | 0,3 | 0,42 | 0,3 |
| | $O_2B$ | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,55 | 0,5 | 0,48 | 0,55 | 0,45 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,55 | 0,45 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,6 | 0,45 |
| | $c$ | 0,5 | 0,3 | 0,32 | 0,35 | 0,25 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 |
| | $a$ | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,28 | 0,4 | 0,5 | 0,35 |
| | $b$ | 0,3 | 0,35 | 0,32 | 0,3 | 0,25 | 0,38 | 0,28 | 0,3 | 0,38 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 45 | 60 | 65 | 65 | 23 | 65 | 60 | 63 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 70 | 130 | 160 | 80 | 110 | 90 | 55 | 110 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 28 | 28 | 30 | 30 | 26 | 30 | 25 | 25 | 30 | 26 |
| | $m_3$ | 25 | 20 | 25 | 25 | 18 | 25 | 28 | 20 | 25 | 18 |
| | $m_4$ | 28 | 25 | 28 | 30 | 20 | 28 | 36 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_5$ | 38 | 32 | 25 | 40 | 34 | 28 | 45 | 26 | 28 | 22 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,15 | 0,11 | 0,18 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,13 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| | $J_2$ | 0,92 | 0,7 | 0,83 | 1,08 | 0,72 | 0,8 | 0,95 | 0,6 | 0,85 | 0,72 |
| | $J_3$ | 0,75 | 0,63 | 1,05 | 0,8 | 0,62 | 1,15 | 0,72 | 0,65 | 1,1 | 0,86 |
| | $J_4$ | 1,15 | 0,93 | 1,2 | 1,05 | 0,95 | 1,15 | 1,1 | 0,9 | 1,15 | 1,0 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 20,4 | 0,8 | 2,2 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 0,8 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 |

**Вариант задания № 4. Глубинный насос**

Схемы механизма глубинного насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 4




Механизм **глубинного насоса** состоит из кривошипа 1 шатунов 2 и 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

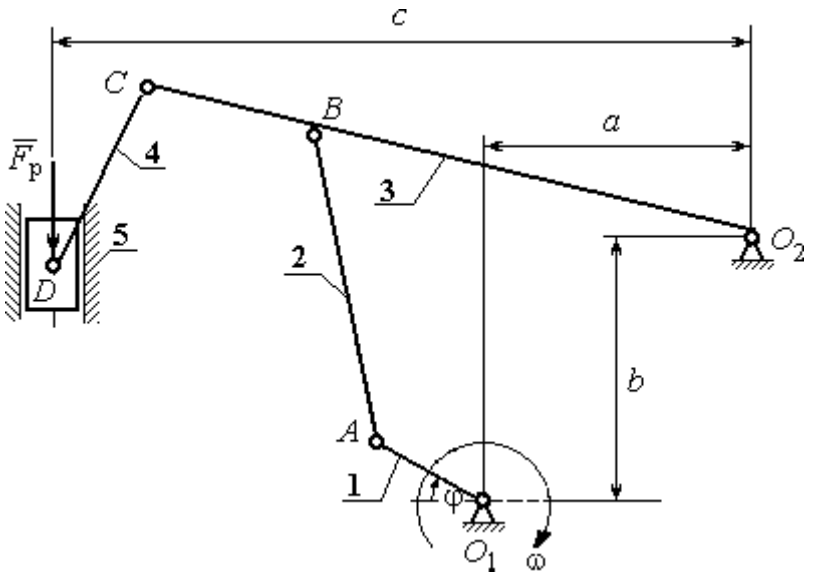
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа глубинного насоса** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

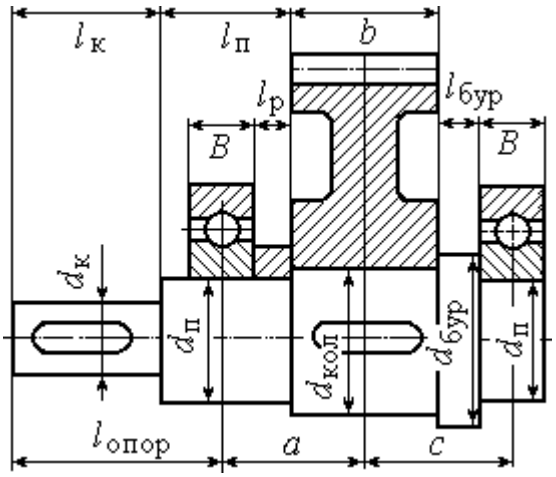
**Варианты исходных данных механизма глубинного насоса для варианта задания № 4**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,1 | 0,12 | 0,17 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,95 |
| | $AB$ | 0,6 | 0,72 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,55 | 0,8 | 0,70 | 0,65 | 0,9 |
| | $O_2B$ | 0,38 | 0,47 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| | $O_2C$ | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,75 | 0,6 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,8 | 0,85 | 0,6 | 0,65 | 0,8 | 1,5 | 1,55 | 1,75 | 1,6 |
| | $a$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,36 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,65 |
| | $b$ | 0,46 | 0,63 | 0,6 | 0,45 | 0,66 | 0,6 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 0,8 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 180 | 210 | 0 | 165 | 150 | 253 | 30 | 45 | 60 | 120 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 130 | 180 | 70 | 150 | 200 | 100 | 110 | 160 | 190 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 38 | 24 | 14 | 22 | 27 | 20 | 23 | 26 | 29 | 30 |
| | $m_3$ | 35 | 52 | 34 | 40 | 47 | 40 | 33 | 37 | 41 | 44 |
| | $m_4$ | 33 | 30 | 36 | 28 | 34 | 40 | 43 | 47 | 49 | 51 |
| | $m_5$ | 35 | 36 | 20 | 32 | 30 | 20 | 44 | 49 | 51 | 60 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,22 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| | $J_2$ | 1,1 | 0,83 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 0,75 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,4 |
| | $J_3$ | 3,5 | 4,9 | 2,5 | 4 | 4,1 | 4,3 | 2,1 | 2,5 | 2,7 | 3,0 |
| | $J_4$ | 2,1 | 2,0 | 2,3 | 1,6 | 2,2 | 2,4 | 3,0 | 3,5 | 3,9 | 4,4 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 3,0 | 1,26 | 1,44 | 1,68 | 2,17 | 2,16 | 3,0 | 4,8 | 5,1 | 6,1 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 | 3,2 | 2,0 | 5,6 | 4,0 | 5,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 | 800 | 680 | 720 | 770 | 810 |

**Вариант задания № 5. Вытяжной пресс**

Схемы механизма вытяжного пресса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 5




Механизм вытяжного **пресса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 –4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

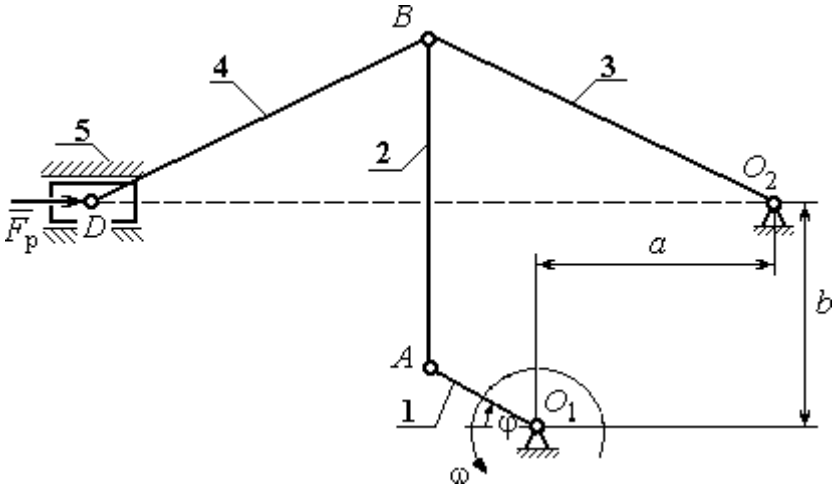
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа вытяжного пресса** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

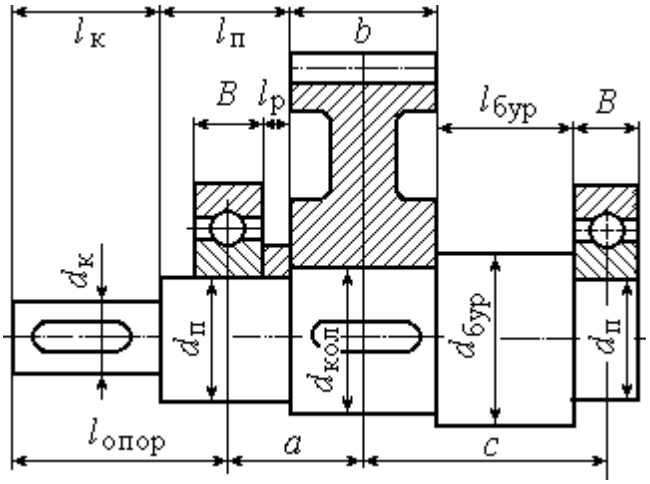
**Варианты исходных данных механизма вытяжного пресса для варианта задания № 5**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,1 | 0,11 | 0,08 |
| | $AB$ | 0,32 | 0,45 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,46 | 0,48 | 0,5 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,42 | 0,51 | 0,6 | 0,62 | 0,46 | 0,45 | 0,5 |
| | $O_2C$ | 0,42 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,85 | 0,8 | 0,66 | 0,65 | 0,7 |
| | $CD$ | 0,11 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,35 | 0,49 | 0,5 |
| | $a$ | 0,16 | 0,35 | 0,45 | 0,44 | 0,56 | 0,62 | 0,6 | 0,64 | 0,68 | 0,66 |
| | $b$ | 0,29 | 0,3 | 0,4 | 0,41 | 0,46 | 0,5 | 0,51 | 0,55 | 0,6 | 0,6 |
| | $c$ | 0,41 | 0,7 | 0,6 | 0,56 | 0,65 | 0,75 | 0,8 | 0,62 | 0,6 | 0,65 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 330 | 25 | 45 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 40 | 65 | 50 | 55 | 60 | 165 | 70 | 75 | 285 | 150 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 30 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 11 | 14 | 12 | 11 |
| | $m_3$ | 40 | 12 | 10 | 10 | 8 | 10 | 8 | 7 | 14 | 10 |
| | $m_4$ | 15 | 5 | 6 | 4 | 7 | 8 | 9 | 6 | 4 | 5 |
| | $m_5$ | 20 | 30 | 33 | 35 | 37 | 30 | 37 | 35 | 40 | 42 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 2,0 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,2 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,10 | 0,20 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,3 | 0,20 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 |
| | $J_4$ | 0,1 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 36 | 36 | 40 | 41 | 39 | 37 | 34 | 32 | 36 | 42 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 6. Гайковырубной автомат**

Схемы механизма гайковырубного автомата и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 6




Механизм гайковырубного **автомата** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

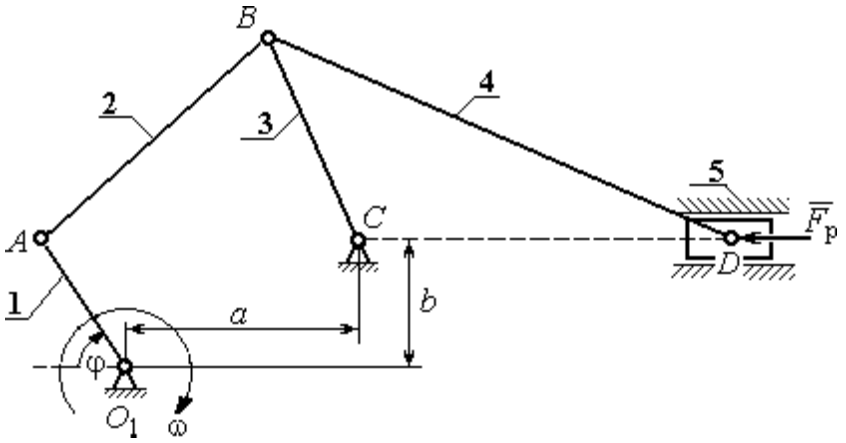
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа гайковырубного автомата** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

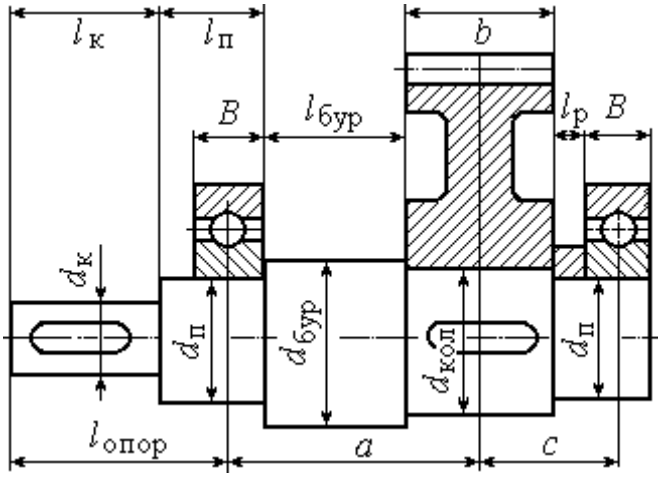
**Варианты исходных данных механизма гайковырубного автомата для варианта задания № 6**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,1 | 0,12 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,1 | 0,1 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,43 | 0,41 | 0,48 | 0,43 | 0,38 | 0,48 | 0,44 | 0,44 | 0,37 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $BD$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $a$ | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 0,21 | 0,27 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,29 |
| | $b$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,5 | 0,47 | 0,39 | 0,39 | 0,55 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 45 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 305 | 25 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 100 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 90 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 11 | 10 | 12 | 10 | 9 | 12 | 11 | 11 | 9 | 13 |
| | $m_3$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_4$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_5$ | 60 | 62 | 56 | 70 | 46 | 65 | 67 | 57 | 58 | 63 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 1,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,17 | 0,28 | 0,18 | 0,13 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,12 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| | $J_4$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 60 | 65 | 70 | 58 | 55 | 52 | 53 | 54 | 60 | 70 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 2,8 | 3,5 | 5,1 | 6,3 | 3,2 | 4,6 | 5,9 | 6,0 | 3,4 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 700 | 800 | 640 | 600 | 620 | 680 | 710 | 800 |

**Вариант задания № 7. Качающийся конвейер**

Схемы механизма качающегося конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 7




Механизм качающегося **конвейера** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

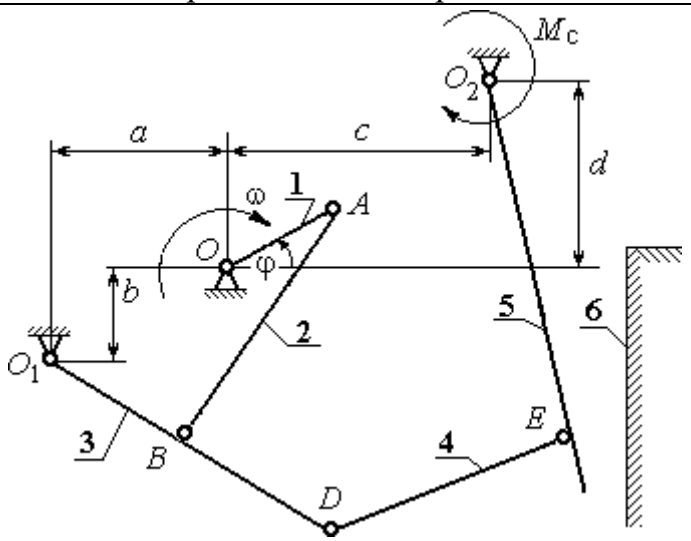
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа качающегося конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

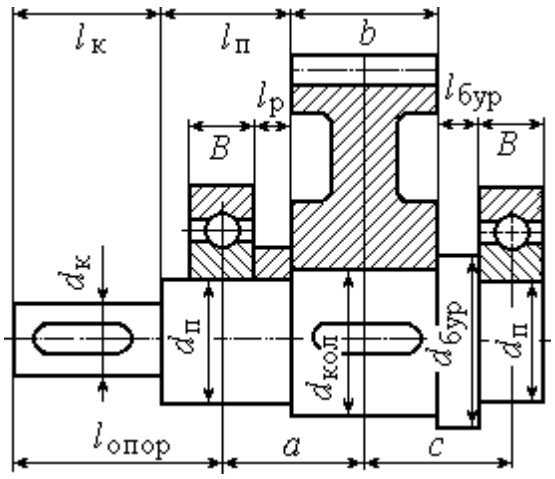
**Варианты исходных данных механизма качающегося конвейера для варианта задания № 7**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,38 | 0,38 | 0,46 | 0,42 | 0,46 | 0,28 | 0,45 | 0,55 | 0,53 | 0,45 |
| | $BC$ | 0,32 | 0,3 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,38 |
| | $BD$ | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 |
| | $a$ | 0,29 | 0,3 | 0,34 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,41 | 0,4 | 0,35 |
| | $b$ | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 25 | 45 | 60 | 115 | 135 | 150 | 210 | 245 | 290 | 300 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 80 | 60 | 68 | 73 | 70 | 63 | 63 | 79 | 74 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 | 25 | 20 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_3$ | 90 | 80 | 90 | 100 | 85 | 100 | 90 | 95 | 100 | 90 |
| | $m_4$ | 400 | 400 | 450 | 500 | 500 | 500 | 400 | 450 | 500 | 450 |
| | $m_5$ | 900 | 800 | 900 | 900 | 950 | 900 | 950 | 800 | 900 | 950 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_3$ | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| | $J_4$ | 40 | 40 | 42 | 35 | 40 | 38 | 42 | 45 | 35 | 45 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 | 750 | 800 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 8. Щековая дробилка**

Схемы механизма щековой дробилки и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 8




Механизм щековой **дробилки** состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, тяги 4, подвижной щеки 5 и неподвижной щеки 6. Рабочий ход подвижной щеки слева – направо. Центр масс кривошипа 1 – в точке $O_1$. У остальных звеньев 2 – 5 центры масс находятся посредине их длин. Момент сил сопротивления движению подвижной щеки 5 сохраняет постоянное значение $M_C$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу щеки момент сил сопротивления постоянный и составляет 10 % от номинального.

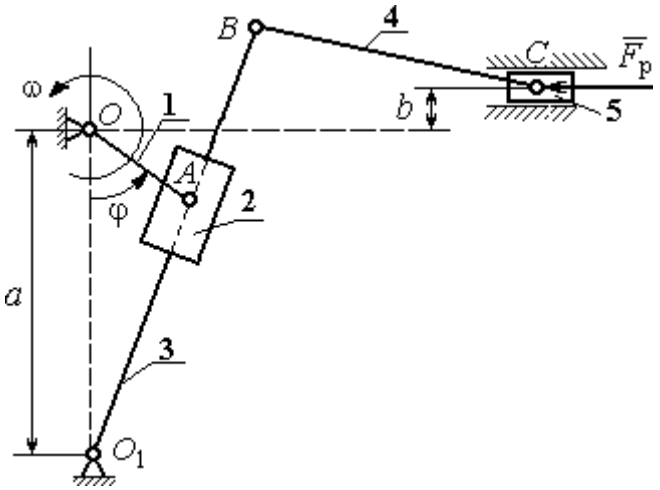
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа щековой дробилки** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

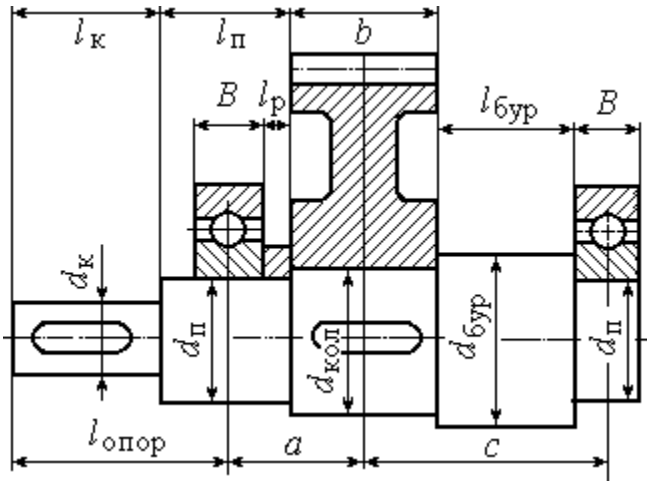
**Варианты исходных данных механизма щековой дробилки для варианта задания № 8**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,11 | 0,1 | 0,15 | 0,07 | 0,15 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,12 | 0,07 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,45 | 0,9 | 0,8 | 0,65 |
| | $O_1B$ | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,3 |
| | $BD$ | 0,2 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| | $O_2E$ | 0,8 | 0,85 | 1,2 | 0,9 | 1,15 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,75 |
| | $DE$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,35 | 0,3 | 0,65 | 0,3 | 0,45 |
| | $a$ | 0,45 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | $b$ | 0,55 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,4 |
| | $c$ | 0,4 | 0,35 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 0,25 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| | $d$ | 0,12 | 0,15 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 20 | 30 | 45 | 60 | 115 | 145 | 215 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 160 | 190 | 150 | 250 | 170 | 200 | 200 | 140 | 240 | 240 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 55 | 50 | 45 | 40 | 48 | 40 | 35 | 55 | 50 | 40 |
| | $m_3$ | 30 | 25 | 30 | 15 | 30 | 30 | 25 | 30 | 35 | 30 |
| | $m_4$ | 30 | 27 | 30 | 20 | 35 | 18 | 15 | 33 | 15 | 22 |
| | $m_5$ | 90 | 85 | 120 | 110 | 100 | 80 | 120 | 100 | 75 | 100 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,23 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,24 |
| | $J_2$ | 0,8 | 4,0 | 3,4 | 1,6 | 3,9 | 1,9 | 0,7 | 4,5 | 3,2 | 1,7 |
| | $J_3$ | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 0,14 | 1,1 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 0,26 | 0,14 |
| | $J_4$ | 0,9 | 0,82 | 1,0 | 0,32 | 1,7 | 0,22 | 0,14 | 1,4 | 0,15 | 0,45 |
| | $J_5$ | 6,3 | 6,1 | 17,3 | 7,3 | 14,5 | 10,0 | 5,1 | 17,3 | 10,0 | 4,2 |
| Момент сил сопротивления, кН·м | $M_C$ | 4 | 8 | 30 | 9 | 20 | 10 | 7 | 35 | 2 | 15 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 3,8 | 4,7 | 6,3 | 4,0 | 4,5 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_B$ | 670 | 710 | 820 | 630 | 750 | 700 | 650 | 740 | 720 | 810 |

**Вариант задания № 9. Кулисный конвейер**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 9




Механизм кулисного **конвейера** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, звена 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

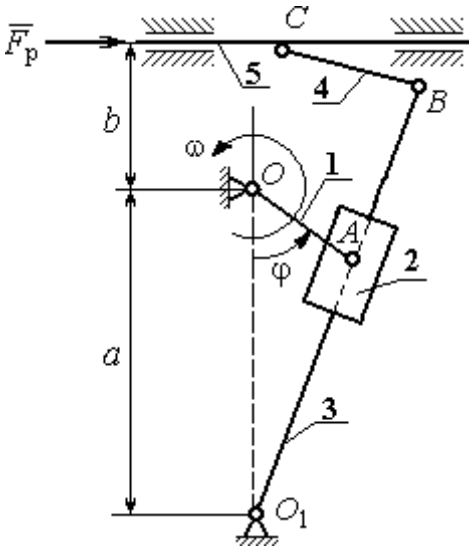
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

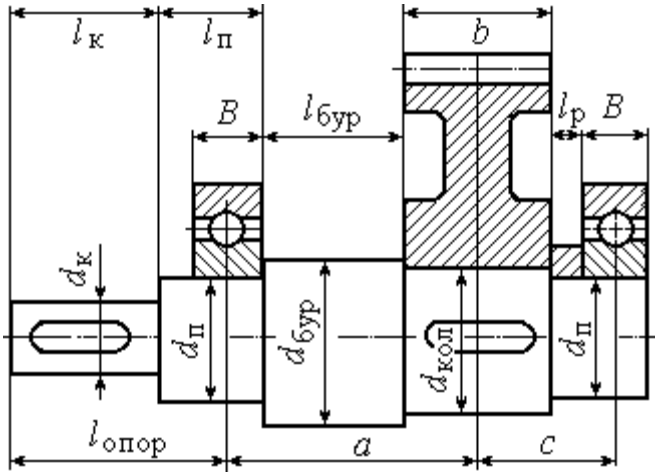
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 9**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,17 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,0,9 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 |
| | $O_1B$ | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,25 | 1,45 |
| | $BC$ | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 1,75 | 1,65 | 1,45 | 1,5 | 1,85 | 1,95 |
| | $a$ | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 0,95 | 1,1 |
| | $b$ | 0,28 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,055 | 0,065 | 0,06 | 0,065 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 300 | 20 | 30 | 45 | 60 | 110 | 120 | 150 | 210 | 240 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | $m_3$ | 28 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 |
| | $m_4$ | 32 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| | $m_5$ | 280 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 3,0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 3,6 | 4,7 | 2,8 | 2,9 |
| | $J_2$ | 0,65 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,35 | 0,45 | 0,55 |
| | $J_3$ | 6,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 |
| | $J_4$ | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 6,5 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 7,3 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 520 | 680 | 650 | 730 | 750 | 820 | 800 | 740 | 700 |

**Вариант задания № 10. Строгальный станок**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 10




Механизм строгального **станка** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и резца (вместе с суппортом) 5. Рабочий ход резца справа – налево. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, резца 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению резцу 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

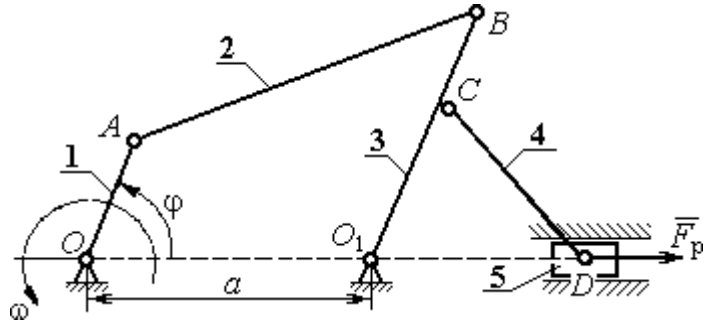
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 10**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| | $O_1B$ | 1,35 | 1,45 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,55 | 1,45 | 1,75 | 1,45 | 1,4 |
| | $BC$ | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,45 | 0,35 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,8 |
| | $a$ | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,05 | 0,75 | 0,65 | 0,85 | 1,1 | 1,2 |
| | $b$ | 0,7 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1,05 | 0,6 | 0,5 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 20 | 35 | 60 | 75 | 120 | 150 | 210 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 110 | 100 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | $m_3$ | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | $m_4$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 5 |
| | $m_5$ | 25 | 28 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 43 | 45 | 49 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,1 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,32 |
| | $J_3$ | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| | $J_4$ | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| Сила сопротивления, кН | $F_\text{р}$ | 6 | 5 | 4 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 2 | 3,1 | 4 | 5 | 6,3 | 7,1 | 4,5 | 5,6 | 3,3 | 3,9 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_\text{В}$ | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 670 | 770 | 870 | 600 |

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Рассмотрим последовательность выполнения расчетно-графической работы на примере условной схемы пятизвенного плоского механизма с симметричной компоновкой узла ведомого вала кривошипа (рис. 1).

**Пятизвенный механизм**



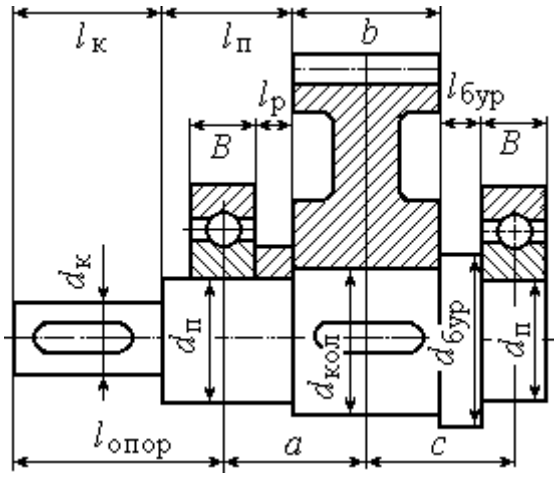




Рис. 1. Схемы пятизвенного механизма и компоновки узла ведомого вала кривошипа

Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и ползуна 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения, в точке *O*, центры масс звеньев 2 – 4 – посередине их длин, центр масс звена 5 – в точке *D*. Рабочий ход ползуна справа – налево. Сила сопротивления движению ползуна на

протяжении рабочего хода равна $F_р$. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинального значения.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа механизма** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

Данные для кинематического и динамического расчета механизма приведены в табл. 1 – 2.

Таблица 1

**Кинематические характеристики механизма**

| Размеры звеньев механизма | | | | | | Угол поворота кривошипа, φ, град | Частота вращения кривошипа, $n$, об/мин |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$, м | $OA$, м | $AB$, м | $O_1C$, м | $BC$, м | $CD$, м | | |
| 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,15 | 0,15 | 0,5 | 90 | 95,5 |

Таблица 2

**Параметры динамического расчёта**

| Массы звеньев, кг | | | | | Моменты инерции звеньев, кг·м$^2$ | | | | Сила полезного сопротивления, кН | Передаточное число редуктора | Предел прочности материала вала, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $J_{01}$ | $J_{S2}$ | $J_{O_13}$ | $J_{S4}$ | $F_р$ | $u$ | $\sigma_в$ |
| 5 | 40 | 30 | 50 | 10 | 1 | 2 | 1 | 3 | 16,045 | 5 | 640 |

## 1. Структурный и кинематический анализ механизма

### Структурный анализ механизма

В рассматриваемом механизме (рис. 2, *а*) 5 подвижных звеньев и 7 кинематических пар:

– вращательная кинематическая пара $O$ (рис. 2, *b*) низшего типа 5-го класса образуется неподвижной стойкой 6 и кривошипом 1;

– вращательная кинематическая пара $A$ (рис. 2, $c$) низшего типа 5-го класса образуется кривошипом 1 и шатуном 2;

– вращательная кинематическая пара $B$ (рис. 2, $d$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 2 и коромыслом 3;

– вращательная кинематическая пара $O_1$ (рис. 2, $e$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и стойкой 7;

– вращательная кинематическая пара $C$ (рис. 2, $f$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и шатуном 4;

– вращательная кинематическая пара $D$ (рис. 2, $g$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 4 и ползуном 5;

– поступательная кинематическая пара $D_1$ (рис. 2, $h$) низшего типа 5-го класса образуется ползуном 5 и стойкой 8.

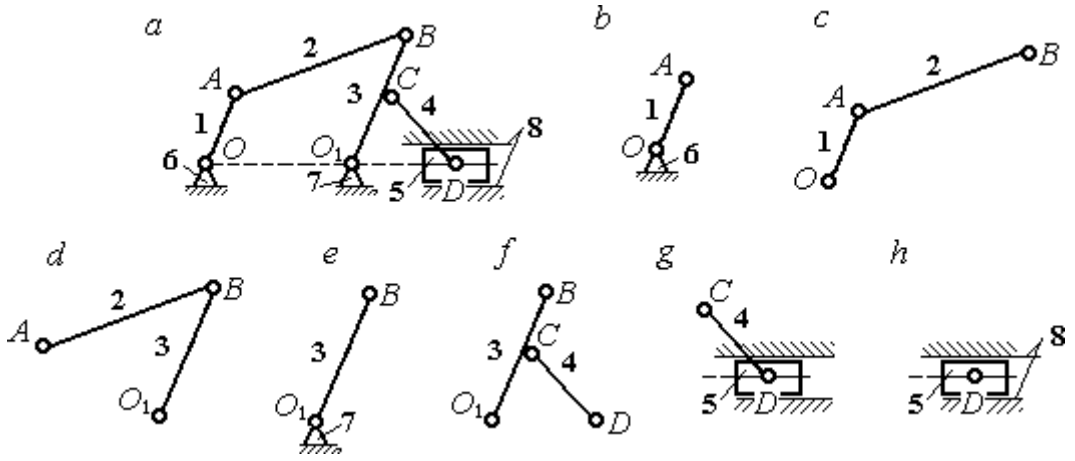



Рис. 2. Кинематические пары механизма:
*a* – схема механизма; *b* – *h* – звенья, составляющие кинематические пары

Высших кинематических пар в данном механизме нет, так как соединение всех звеньев осуществляется по поверхности. Кинематические пары и звенья, составляющие кинематические пары, показаны на рис. 2.

Степень подвижности плоского механизма определяется по формуле П. Л. Чебышева: $W = 3n - 2\,p_5 = 3\cdot5 - 2\cdot7 = 1$, где $n = 5$ – число подвижных звеньев механизма, $p_5 = 7$ – число кинематических пар 5-го класса. Следовательно, механизм имеет одно ведущее звено.

В рассматриваемом механизме можно выделить две группы Ассура и начальное звено (рис. 3):

– группа звеньев, состоящая из шатуна 4 и ползуна 5, является группой Ассура II класса, второго вида (ползун – поводок), рис. 3, *b*;

– группа звеньев, состоящая из коромысла 3 и шатуна 2, является группой Ассура II класса, первого вида (двухповодковая группа), рис. 3, *c*;

– кривошип 1 вместе со стойкой 6 образуют начальное звено или начальный механизм I класса, рис. 3, *d*.

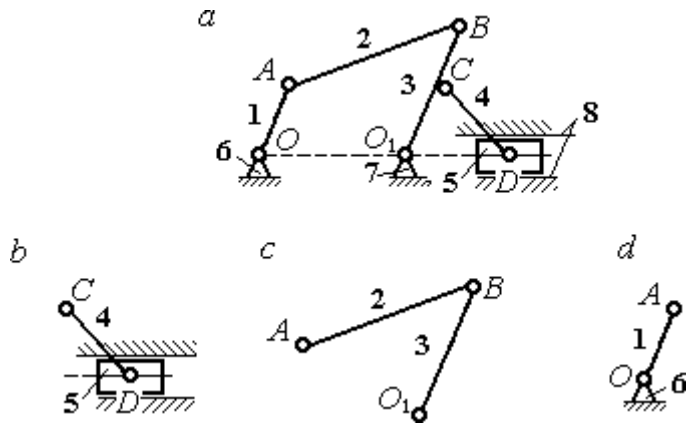



Рис. 3. Группы Ассура механизма:
*a* – схема механизма; *b, c* – группы Асура; *d* – начальное звено

Схема образования механизма группами Ассура:

$$(1) \rightarrow (2, 3) \rightarrow (4, 5).$$

К первому (ведущему) звену присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 2 и 3, образуя раму, имеющую ту же степень подвижности, что и исходный механизм. К группе Ассура, состоящей из звеньев 2 и 3, присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 4 и 5. При этом степень подвижности образованного механизма не увеличивается.

Представленный механизм включает начальный механизм I класса и две группы Ассура II класса, в результате чего является механизмом II класса.

Результаты структурного анализа механизма приводятся в табл. 3 – 4.

Таблица 3

**Анализ кинематических пар**

| Обозначение кинематической пары | $O$ | $A$ | $B$ | $O_1$ | $C$ | $D$ | $D_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Звенья, образующие пару | 1 – 6 | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 7 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 8 |
| Наименование пары | Вращательная, низшая | | | | | | Поступательная, низшая |
| Класс пары | 5 класс | | | | | | |

Таблица 4

**Анализ групп Ассура**

| Группы Ассура | 4 – 5 | 2 – 3 | 1 |
|---|---|---|---|
| Наименование группы Ассура | Ползун-поводок | Двухповодковая | Начальное звено |
| Класс групп Ассура | II класс | II класс | I класс |
| Класс механизма | Механизм II класса | | |

## Построение плана механизма

Построение плана механизма начинается с определения масштабного коэффициента длины. Выберем для плана механизма стандартный масштаб, например 1:4. Масштаб выбирается таким образом, чтобы длина самого большого звена механизма на чертеже не превышала 100 – 150 мм. При выбранном масштабе длина отрезка $l_{CD}$, изображающего на чертеже звено $CD$ максимальной длины 0,5 м, составит: $l_{CD} = \frac{0{,}5}{4}$ = 0,125 м = 125 мм и находится в пределах допустимых границ длин. Масштабный коэффициент длины рассчитывается как отношение $k_l$ = $\frac{0{,}5}{125}$ = 0,004 $\frac{\text{м}}{\text{мм}}$.

Определяем длины звеньев на чертеже с учётом масштабного коэффициента:

$$l_{OA} = \frac{OA}{k_l} = \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25 \text{ мм}, \qquad l_{CD} = \frac{CD}{k_l} = \frac{0{,}5}{0{,}004} = 125 \text{ мм},$$

$$l_{AB} = \frac{AB}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм}, \qquad l_a = \frac{a}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм},$$

$$l_{O_1C} = \frac{O_1C}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}, \quad l_{BC} = \frac{BC}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}.$$

Порядок построения положения механизма таков:

1. Первоначально на чертеже фиксируем неподвижные точки $O$ и $O_1$. Поставим на свободном поле чертежа точку $O_1$, затем, отложив расстояние $a$, поставим точку $O_2$.

2. Радиусом $l_{OA}$ проведём окружность, по которой будет перемещаться точка $A$, лежащая на кривошипе. Установим заданное положение кривошипа под углом $\varphi = 90^\circ$ и получим положение точки $A$ (начальное положение и направление отсчёта угла показано на схеме механизма).

3. Из точки $A$ проводим дугу радиусом $l_{AB}$, затем из точки $O_1$ дугу радиусом $l_{O_1B} = l_{O_1C} + l_{CB}$. В точке пересечения ставим точку $B$. Прямая линия, соединяющая точки $A$ и $B$, определяет положение шатуна 2.

4. Из точки $C$, находящейся на средине коромысла 3, проводим дугу окружности радиусом $l_{DC}$ до пересечения её с продолжением линии $OO_1$. Точка пересечения $D$ определяет положение ползуна 5.

План механизма в масштабе 1: 4 показан на рис. 4.

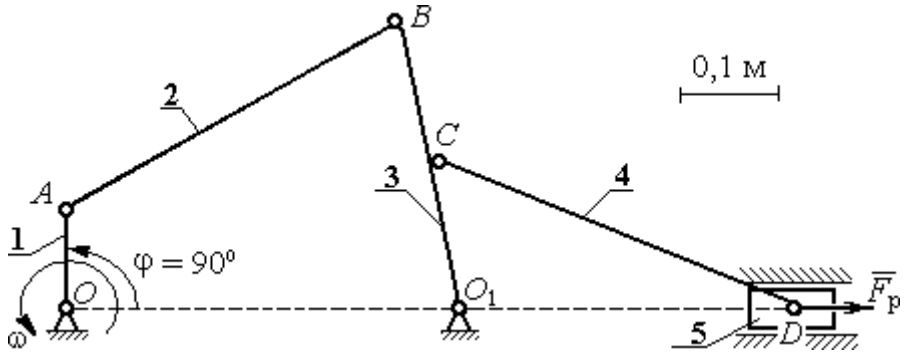



Рис. 4. План механизма в масштабе 1:4

## Построение плана скоростей механизма

Построение начинаем с определения модуля скорости точки *A* ведущего звена 1 – кривошипа.

Вычисляем угловую скорость кривошипа ω, рад/с, по заданной его частоте вращения *n*, об/мин: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 95{,}5}{30}$ = 10 рад/с. Вычисляем модуль скорости точки *A* кривошипа: $V_A = \omega \cdot O_1A$ = 10·0,1 = 1 м/с. Длину вектора скорости $\vec{V}_A$ точки *A* на плане скоростей принимаем равной 100 мм. Вычисляем масштаб плана скоростей: $k_v = \frac{V_A}{100} = \frac{1}{100} = 0{,}01\,(\text{мм/с})/\text{м}$.

Точка *B* принадлежит как звену *AB* (шатун 2), совершающему плоскопараллельное движение, так и звену $O_1B$ (коромысло 3), вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$ (см. рис. 4). Скорость точки *B* звена *AB*, равна векторной сумме скорости полюса, например точки *A*, и скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу. Тогда для определения скорости точки *B* имеем первое векторное равенство: $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$, где $\vec{V}_B$ – вектор скорости точки *B*; $\vec{V}_A$ – вектор скорости точки *A*, известный по величине и направлению; $\vec{V}_{BA}$ – вектор скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу *A*. Известно, что вектор скорости $\vec{V}_{BA}$ перпендикулярен линии *AB*.

С другой стороны, в силу того, что точка *B* принадлежит звену $O_1B$, вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$, скорость точки *B* может быть найдена из второго векторного равенства $\vec{V}_B = \vec{V}_{BO_1}$, где $\vec{V}_{BO_1}$ – вектор скорости точки *B* при вращении звена $BO_1$ вокруг центра $O_1$. Вектор $\vec{V}_{BO_1}$ (и, следовательно, вектор $\vec{V}_B$) перпендикулярен линии $BO_1$.

Проведём построение векторов на плане скоростей (рис. 5). Выберем в качестве полюса плана скоростей точку $p_v$, которую изображаем на поле чертежа в удобном для построения месте. Изобразим вектор скорости $\vec{V}_A$, направив его из

точки $p_v$. При заданном положении кривошипа вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей горизонтален. Направление вектора $\vec{V}_A$ перпендикулярно кривошипу $O_1A$ в сторону его вращения. Длина вектора на чертеже устанавливается в соответствии с масштабным коэффициентом (100 мм). В конце построенного вектора поставим точку *a*. Таким образом, вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей изображается отрезком $p_v a$ (см. рис. 5).

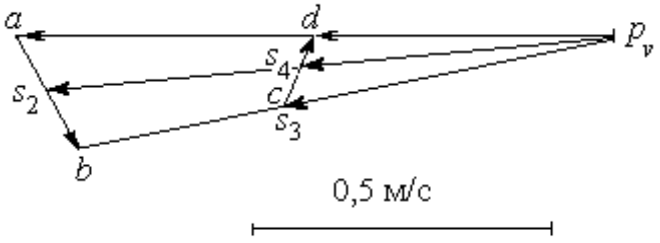



Рис. 5. План скоростей механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Далее, из точки *a* направляем вектор $\vec{V}_{BA}$, перпендикулярно линии звена *AB*. Величина вектора $\vec{V}_{BA}$ неизвестна и потому вектор скорости $\vec{V}_B$ найти невозможно. Для того, чтобы его найти, построим вектор $\vec{V}_B$ в соответствии со вторым векторным уравнением. Из него следует, что величина и направление вектора $\vec{V}_B$ совпадает с величиной и направлением вектора $\vec{V}_{BO_1}$, который перпендикулярен линии звена $BO_1$. Проведём из полюса $p_v$ линию, перпендикулярную $BO_1$ до пересечения её с линией, вдоль которой направлен вектор $\vec{V}_{BA}$. Обозначим пересечение этих линий точкой *b*. Вектор, проведённый из полюса $p_v$ в точку *b*, равен вектору скорости $\vec{V}_B$. Модуль скорости точки *B* найдём измерив длину отрезка $p_v b$ на плане скоростей (в миллиметрах) и умножив её на масштабный коэффициент плана скоростей: $V_B = p_v b \cdot k_v = 92 \cdot 0{,}01 = 0{,}92$ м/с.

Скорость точки *B* во вращательном движении звена *AB* вокруг полюса *A* $V_{BA}$ найдём измерив длину отрезка *ab* на плане скоростей и умножив её на величину масштабного коэффициента $V_{BA} = ab \cdot k_v$.

Угловая скорость $\omega_2$ звена *AB* определяется как отношение $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{BA} = \frac{ab \cdot k_v}{BA} =$

$\frac{18 \cdot 0{,}01}{0{,}4} = 0{,}45$ рад/с.

Угловая скорость вращения коромысла $BO_1$: $\omega_3 = \frac{V_B}{BO_1} = \frac{0{,}92}{0{,}3} = 3{,}06$ рад/с.

Точка $C$ принадлежит коромыслу $BO_1$. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен линии $BO_1$ и по модулю равен: $V_C = \omega_3 \cdot CO_1 = 3{,}06 \cdot 0{,}15 = 0{,}46$ см/с.

Точке $C$ механизма, являющейся срединой коромысла $BO_1$, на плане скоростей соответствует точка $c$, лежащая на средине отрезка $p_v b$, изображающего скорость точки $B$ (так как скорость точки $C$ механизма направлена так же как скорость точки $B$, но по величине в два раза её меньше).

Величина и направление $\vec{V}_D$ скорости точки $D$ (ползуна 5) находится с учётом плоскопараллельного движения звена $CD$ на основании векторной формулы: $\vec{V}_D = \vec{V}_C + \vec{V}_{DC}$. По определению вектор $\vec{V}_{DC}$ скорости точки $D$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ направлен перпендикулярно звену $CD$. Тогда на плане скоростей из точки $C$ проводим прямую, перпендикулярную линии $CD$, и так как точка $D$ (ползун 5) движется горизонтально из полюса $p_v$ проводим горизонтальную прямую, параллельную линии движения ползуна $OO_1$. Точка $d$ пересечения этих прямых на плане скоростей определяет конец вектора $\vec{V}_D$. Для того, чтобы найти модуль скорости, измерим расстояние $p_v d$ и умножим его на масштабный коэффициент скоростей. Получим $V_D = p_v d \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Угловая скорость звена 4 равна $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC}$. Модуль скорости точки $D$ $V_{DC}$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ равен измеренному на плане скоростей расстоянию $dc$ и умноженному на масштабный коэффициент $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC} = \frac{dc \cdot k_v}{DC} =$

$\frac{8 \cdot 0{,}01}{0{,}5} = 0{,}16$ рад/с.

Найдём скорости центров масс звеньев механизма. Полагая, что центры масс звеньев механизма расположены в средине соответствующих отрезков, отметим

эти точки на плане скоростей. Для того, чтобы на плане скоростей найти скорость центра масс звена *AB* механизма, разделим пополам отрезок *ab*. Получим точку $s_2$. Скорость центра масс звена *AB* равна расстоянию $p_v s_2$, умноженному на масштабный коэффициент: $V_{S_2} = p_v s_2 \cdot k_v = 96 \cdot 0{,}01 = 0{,}96$ м/с.

Аналогично, разделив пополам отрезки $p_v b$, $cd$ на плане скоростей, получим точки $s_3$, $s_4$, которые определяют скорости центров масс, соответственно, звена 3 (коромысла) и звена 4 (шатуна). Измерив расстояния $p_v s_3$, $p_v s_4$ и умножив их на масштабный коэффициент, получим скорости центров масс: $V_{S_3} = p_v s_3 \cdot k_v = 46 \cdot 0{,}01 = 0{,}46$ м/с, $V_{S_4} = p_v s_4 \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Результаты расчётов скоростей центров масс звеньев механизма и угловых скоростей звеньев приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Абсолютные скорости центров масс и угловые скорости звеньев**

| Звено | *AB* | $BO_1$ | *CD* | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение скорости центра масс звена | $V_{S_2}$ | $V_{S_3}$ | $V_{S_4}$ | $V_D$ |
| Величина скорости, м/с | 0,96 | 0,46 | 0,44 | 0,44 |
| Обозначение угловой скорости звена | $\omega_2$ | $\omega_3$ | $\omega_4$ | – |
| Величина угловой скорости, рад/с | 0,45 | 3,06 | 0,16 | – |

## Построение плана ускорений механизма

Для определения значений линейных и угловых ускорений звеньев механизма построим план ускорений. Принимаем, что ведущее звено 1 движется с постоянной угловой скоростью. В этом случае касательное ускорение точки *A* равно нулю – $a_A^{\tau} = 0$, полное ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* совпадает с нормальным и потому направлено к оси вращения звена – точке $O_1$. По величине ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* будет: $a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot O_1 A = 10^2 \cdot 0{,}1 = 10$ м/с$^2$.

Перед началом построений выберем масштабный коэффициент. Примем

длину вектора ускорения точки *A* на плане ускорений 100 мм, тогда масштабный коэффициент ускорения: $k_a = \frac{a_A}{100} = \frac{10}{100} = 0{,}1$ (м/с$^2$)/мм.

Чертёж плана ускорения начинаем с построения ускорения точки *A*.

Из некоторой точки $p_a$, называемой полюсом плана ускорений и взятой на чертеже в произвольном месте, направим вектор $\vec{a}_A$ вертикально вниз, что соответствует выбранному вертикальному положению кривошипа. С учётом масштабного коэффициента ускорений длина вектора ускорения точки *A* на чертеже 100 мм. В конце вектора поставим стрелку и точку *a* (рис. 6). Ускорение точки *B* находим в соответствии с векторной формулой: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки *A*, выбранной за полюс; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки *B* во вращательном движении шатуна *AB* относительно полюса *A*. Правило сложения векторов в векторной формуле определения ускорения точки *B* на плане ускорений выглядит следующим образом. К концу вектора, изображающего на чертеже ускорение $\vec{a}_A$, присоединяем вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{n}_{BA}$, а к его концу – вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\tau}_{BA}$. Тогда вектор, проведённый из начала первого вектора в конец последнего, представляет собой сумму векторов.

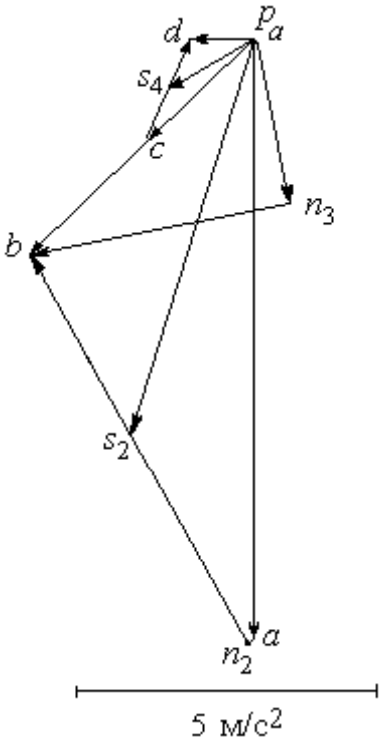


Рис. 6. План ускорений механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Проведём необходимые построения для определения ускорения точки *B*. Ускорение $\vec{a}_A$ на чертеже изображается отрезком $p_a a$. Модуль вектора

нормальной составляющей ускорения точки $B$: $a^n_{BA} = \omega_2^2 \cdot AB = 0{,}45^2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок длиной $\frac{a^n_{BA}}{k_a} = \frac{0{,}08}{0{,}1} = 0{,}8$ мм. Отложим на чертеже из точки $a$ отрезок длиной 0,8 мм вдоль линии, параллельной звену $AB$ механизма, в сторону, куда на плане механизма направлен вектор. В конце поставим точку $n_2$. Отрезок $an_2$ на плане ускорений изображает нормальную составляющую ускорения точки $B$ во вращательном движении шатуна $AB$ относительно полюса $A$. Здесь следует заметить, что расчётная величина отрезка $an_2$ настолько мала, что на чертеже показать его точно невозможно. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки $B$ $\vec{a}^n_{BA}$ и, следовательно, отрезок $an_2$ на плане ускорений равны нулю. На рис. 6 отрезок $an_2$ показан для того, чтобы сохранить правило последовательного построения суммы векторов.

Далее необходимо из конца отрезка $an_2$ провести линию, параллельную той, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{BA}$ – перпендикулярно линии звена $BA$ (то есть, перпендикулярно отрезку $an_2$). Однако вычислить ускорение точки $B$, пользуясь одним этим построением, невозможно, так как величина касательного ускорения $a^\tau_{BA}$ неизвестна. Воспользуемся тем, что точка $B$ принадлежит звену 3 – коромыслу, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Следовательно, полное ускорение точки $B$ может быть представлено как сумма его нормального и касательного составляющих – $\vec{a}_B = \vec{a}^n_B + \vec{a}^\tau_B$, где величина нормальной составляющей ускорения равна $a^n_B = \omega_3^2 \cdot O_1B = 3{,}06^2 \cdot 0{,}3 = 2{,}84$ см/с$^2$, а направление – вдоль $BO_1$ от точки $B$ в сторону $O_1$. Относительно касательной составляющей $\vec{a}^\tau_B$ ускорения точки $B$ известно только, что она направлена перпендикулярно $BO_1$. Вычислим длину отрезка, изображающего на чертеже нормальную составляющую ускорения точки

$B$, как отношение $\frac{a_B^n}{k_a} = \frac{2{,}84}{0{,}1}$ = 28,4 мм и из полюса $p_a$ на чертеже отложим его параллельно звену $BO_1$. В конце отрезка поставим точку $n_3$. В соответствии с правилом сложения векторов, из точки $n_3$ – конца отрезка $p_a n_3$, изображающего ускорение $\vec{a}_B^{\,n}$, проводим линию, перпендикулярную этому отрезку. Это линия перпендикулярна звену $BO_1$ и вдоль неё направлена касательная составляющая $\vec{a}_B^{\,\tau}$ ускорения точки $B$. Находим точку пересечения двух перпендикуляров – к отрезку $p_a n_3$ и к отрезку $an_2$ и обозначим её точкой $b$. Тогда отрезок, проведённый из полюса $p_a$ в точку $b$, изображает на плане ускорений полное ускорение $\vec{a}_B$ точки $B$ механизма. Величину ускорения точки $B$ найдём, измерив на чертеже длину отрезка $p_a b$ и умножив его на масштабный коэффициент: $a_B = p_a b \cdot k_a = 52 \cdot 0{,}1 = 5{,}2$ м/с$^2$.

Отрезок $n_3 b$ изображает на чертеже касательную составляющую ускорения $\vec{a}_B^{\,\tau}$ точки $B$. Измеряем длину отрезка $n_3 b$ ($n_3 b$ = 43 мм), тогда угловое ускорение звена 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_B^{\tau}}{BO_1} = \frac{n_3 b \cdot k_a}{BO_1} = \frac{43 \cdot 0{,}1}{0{,}3}$ = 14,3 рад/с$^2$. Угловое ускорение звена 2 находится аналогично. На чертеже измеряем отрезок $n_2 b$, который изображает ускорение $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ ($n_2 b$ = 74 мм). Тогда угловое ускорение звена 2: $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^{\tau}}{BA} = \frac{n_2 b \cdot k_a}{BA} = \frac{74 \cdot 0{,}1}{0{,}4} = 18{,}5$ рад/с$^2$.

Точка $C$ принадлежит звену 3, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Направление ускорения точки $C$ такое же как и у точки $B$, которое на плане ускорений показано отрезком $p_a b$. Так как точка $C$ на плане механизма находится в средине звена $BO_1$, соответствующая ей точка $c$ на плане ускорений находится на средине отрезка $p_a b$. Тогда отрезок $p_a c$ изображает ускорение точки $C$.

Ускорение точки $D$ находим на основании векторной формулы $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}_{DC}^{\,n} + \vec{a}_{DC}^{\,\tau}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки $C$, выбранной за полюс; $\vec{a}_{DC}^{\,n}$, $\vec{a}_{DC}^{\,\tau}$ –

нормальная и касательная составляющие ускорения точки $D$ во вращательном движении шатуна $DC$ относительно полюса $C$.

Проведём необходимые построения. Заметим сразу, что направление ускорения $\vec{a}_D$ точки $D$ ползуна 5 известно. Ускорение направлено вдоль линии $OO_1$ на плане механизма. Это означает, что на плане ускорений ускорение точки $D$ изображается горизонтальным отрезком, исходящим из центра $p_a$. Модуль вектора нормальной составляющей ускорения точки $D$ $a^n_{DC} = \omega_4^2 \cdot DC = 0{,}16^2 \cdot 0{,}5 = 0{,}01$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок, длиной $\frac{a^n_{DC}}{k_a} = \frac{0{,}01}{0{,}1} = 0{,}1$ мм. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки $D$ $\vec{a}^n_{DC}$ и соответствующий ему отрезок на плане ускорений равны нулю. Тогда, исходя из векторной формулы сложения ускорений и с учётом нулевого вектора $\vec{a}^n_{DC}$, на плане ускорений из конца отрезка $p_a c$, изображающего вектор ускорения $\vec{a}_C$, необходимо провести линию, перпендикулярную звену $CD$, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{DC}$. Находим точку пересечения этой линии с горизонтальной прямой, проведённой из полюса ускорений, вдоль которой направлен вектор ускорения точки $D$. Обозначим точку пересечения $d$. Отрезок прямой $p_a d$ изображает на плане ускорений ускорение точки $D$. Замеряем длину отрезка $p_a d$ ($p_a d$ = 13 мм) и находим ускорение точки $D$: $a_D = p_a d \cdot k_a = 13 \cdot 0{,}1 = 1{,}3$ м/с$^2$.

Замеряем на плане ускорений длину отрезка $cd$, изображающего ускорение $\vec{a}^\tau_{DC}$ ($cd$ = 18 мм), и находим угловое ускорение звена 4: $\varepsilon_4 = \frac{a^\tau_{DC}}{DC} = \frac{cd \cdot k_a}{DC} = \frac{18 \cdot 0{,}1}{0{,}5} = 3{,}6$ рад/с$^2$.

Определим ускорения центров масс звеньев механизма.

Разделим пополам отрезок $ab$ на плане ускорений, обозначим середину отрезка точкой $s_2$ и соединим с полюсом $p_a$. Отрезок $p_a s_2$ изображает ускорение центра масс звена 2 – кривошипа $AB$. Длина отрезка $p_a s_2$ = 70 мм. Ускорение

центра масс звена 2: $a_{S2} = p_a s_2 \cdot k_a = 70 \cdot 0{,}1 = 7$ м/с$^2$. Аналогично, точка $s_4$, лежащая на средине отрезка *cd*, изображает центр масс звена 4 шатуна *CD*. Ускорение центра масс звена 4: $a_{S4} = p_a s_4 \cdot k_a = 18 \cdot 0{,}1 = 1{,}8$ м/с$^2$.

Все построения плана ускорений приведены на рис. 6.

Результаты вычислений ускорений центров масс звеньев, а также угловых ускорений звеньев механизма приводятся в табл. 6.

Таблица 6

**Ускорения центров масс звеньев механизма и угловые ускорения звеньев**

| Звено | *AB* | $BO_1$ | *DC* | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение ускорения центра масс звена | $a_{S_2}$ | $a_{S_3}$ | $a_{S_4}$ | $a_D$ |
| Величина ускорения, м/с$^2$ | 7 | 2,6 | 1,8 | 1,3 |
| Обозначение углового ускорения звена | $\varepsilon_2$ | $\varepsilon_3$ | $\varepsilon_4$ | – |
| Величина углового ускорения, рад/с$^2$ | 18,5 | 14,3 | 3,6 | – |

## Определение движущего момента, приведённого к валу кривошипа, по методу Н. Е. Жуковского

Определим уравновешивающую силу, приведённую к крайней точке *A* кривошипа.

Вычисляем силы тяжести звеньев.

$$G_2 = m_2 g = 40 \cdot 9{,}8 = 392 \text{ Н}, \quad G_3 = m_3 g = 30 \cdot 9{,}8 = 294 \text{ Н},$$

$$G_4 = m_4 g = 50 \cdot 9{,}8 = 490 \text{ Н}, \quad G_5 = m_5 g = 10 \cdot 9{,}8 = 98 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули сил инерции, действующих на механизм.

$$F_2^{\text{ин}} = m_2 a_{S2} = 40 \cdot 7 = 280 \text{ Н}, \quad F_3^{\text{ин}} = m_3 a_{S2} = 30 \cdot 2{,}6 = 78 \text{ Н},$$

$$F_4^{\text{ин}} = m_4 a_{S4} = 50 \cdot 1{,}8 = 90 \text{ Н}, \quad F_5^{\text{ин}} = m_5 a_D = 10 \cdot 1{,}3 = 13 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули моментов сил инерции.

$$M_2^{\text{ин}} = J_{S2} \varepsilon_2 = 2 \cdot 18{,}5 = 37 \text{ Н·м}, \quad M_3^{\text{ин}} = J_{S3} \varepsilon_3 = 1 \cdot 14{,}3 = 14{,}3 \text{ Н·м},$$

$$M_4^{\text{ин}} = J_{S4} \varepsilon_4 = 3 \cdot 3{,}6 = 10{,}8 \text{ Н·м}.$$

Построим «жёсткий рычаг» Жуковского. Изобразим план скоростей механизма, повернув его на 90º (рис. 3.7). Приложим в точках, изображающих на повернутом плане скоростей центры масс звеньев механизма, силы тяжести и силы инерции. Направление сил инерции противоположно направлению ускорений центров масс, показанных на плане ускорений. Моменты сил инерции, действующие на звенья механизма, раскладываем на две антипараллельные силы, приложенные к крайним точкам звена, перпендикулярно ему.

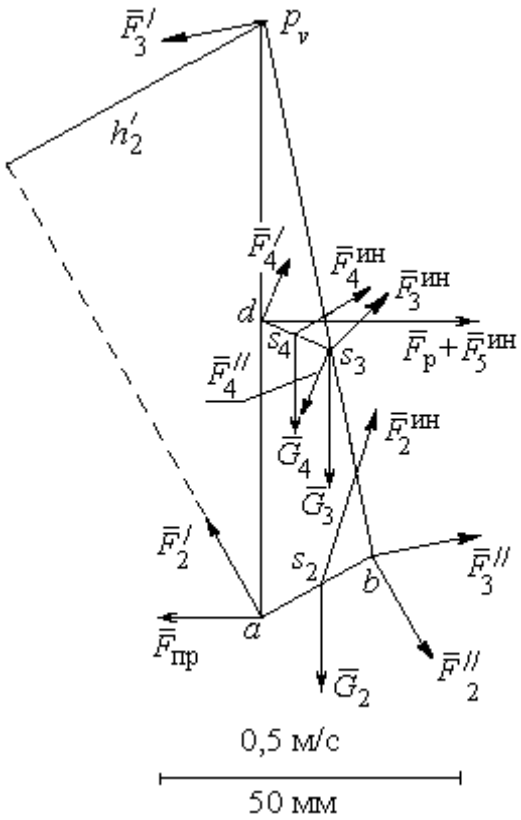



Рис. 3.7. «Жёсткий рычаг» Н. Е. Жуковского

$$F_2' = F_2'' = \frac{M_2^{ин}}{AB} = \frac{37}{0{,}4} = 92{,}5 \text{ Н},$$

$$F_3' = F_3'' = \frac{M_3^{ин}}{O_1B} = \frac{14{,}3}{0{,}3} = 48 \text{ Н},$$

$$F_4' = F_4'' = \frac{M_4^{ин}}{CD} = \frac{10{,}8}{0{,}5} = 21{,}6 \text{ Н}.$$

Заданное положение кривошипа осуществляется на рабочем ходу поршня. Сила полезного сопротивления $F_р$ направлена в сторону, противоположную движению поршня.

Рычаг Н. Е. Жуковского приведён на рис. 3.7. На рисунке отмечены силы тяжести и силы инерции звеньев, приложенные в точках плана скоростей $s_2$ – $s_4$, соответствующих положению центров масс этих звеньев. Показаны пары сил инерции $(\vec{F}_2', \vec{F}_2'')$, $(\vec{F}_3', \vec{F}_3'')$, $(\vec{F}_4', \vec{F}_4'')$, образующие главные моменты сил инерции $M_2^{ин}$, $M_3^{ин}$, $M_4^{ин}$, приложенные ко 2, 3 и 4 звеньям.

Применение «рычага Жуковского» для определения приведённой силы заключается в составлении уравнения равновесия в форме равенства нулю суммы моментов заданных сил относительно полюса $p_v$:

$$-F_{пр} \cdot h_{пр} - F_2' \cdot h_2' + F_2'' \cdot h_2'' - G_2 \cdot h_{G2} + F_2^{ин} \cdot h_2 + F_3'' \cdot h_3'' - F_4' \cdot h_4' + F_4'' \cdot h_4'' -$$

$$-G_4 \cdot h_{G4} - G_3 \cdot h_{G3} + (F_{\text{р}} + F_5^{\text{ин}})h_5 + F_4^{\text{ин}} \cdot h_4 + F_3^{\text{ин}} \cdot h_3 = 0.$$

При вычислении моментов сил плечи сил определяются графически с учётом масштабного коэффициента плана скоростей. Так при вычислении момента приведённой силы относительно полюса $p_v$ плечом $h_{\text{пр}}$ силы $\vec{F}_{\text{пр}}$ на плане рычага Жуковского является отрезок $p_v a$, равный, согласно масштабному коэффициенту плана скоростей, 100 мм. Тогда $h_{\text{пр}} = p_v a = 100$ мм.

На рис. 3.7, в качестве примера, показан способ вычисления плеча $h_2'$ силы $\vec{F}_2'$ – как кратчайшее расстояние от полюса $p_v$ до линии действия силы $\vec{F}_2'$. Измерив это расстояние, найдём $h_2' = 52$ мм. Аналогичным образом в уравнении равновесия вычисляются плечи остальных сил.

В результате получим равенство

$$F_{\text{пр}} \cdot 100 = -92{,}5 \cdot 52 + 92{,}5 \cdot 21 - 392 \cdot 6 + 280 \cdot 31 + 48 \cdot 92 - 21{,}6 \cdot 23 + 21{,}6 \cdot 33 -$$

$$-490 \cdot 3 - 294 \cdot 7 + (16045 + 13)44 + 90 \cdot 42 + 78 \cdot 36.$$

Откуда $F_{\text{пр}} = 7177$ Н. Величина движущего момента, приведенного к валу кривошипа, находится из формулы: $M_{\text{дв}} = F_{\text{пр}} \cdot O_1 A = 7177 \cdot 0{,}1 = 717{,}7$ Н·м.

Найденный движущий момент является исходной величиной для конструирования ведомого вала кривошипа.

## 2. Конструирование вала редуктора
## Предварительный расчет зубчатой передачи

Крутящий момент на валу $T_2 = M_{\text{дв}} = 717{,}7$ Н·м.

Твердость материала колеса по Бринеллю (приближённо)

$$HB = 0{,}285\sigma_{\text{в}} = 0{,}285 \cdot 640 = 182{,}4 \text{ МПа}.$$

Предел контактной выносливости при базовом числе циклов

$$\sigma_{H\,\lim} = 2\,HB + 70 = 2 \cdot 182{,}4 + 70 = 434{,}8 \text{ МПа}.$$

При долговременной передаче принимаем:

– коэффициент долговечности $K_{HL} = 1{,}4$,

– коэффициент безопасности $S_H$ = 1,15.

Допустимое контактное напряжение в зацеплении колеса

$$\sigma_{H\,adm} = \frac{\sigma_{H\,\lim}}{S_H} K_{HL} = \frac{434{,}8}{1{,}15} \cdot 1{,}4 = 529{,}3 \text{ МПа}.$$

Выберем средние значения коэффициента неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса $K_{H\beta}$ и коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния $\psi_{ba}$. При симметричном расположении колеса принимаем:

$$K_{H\beta} = 1{,}1; \quad \psi_{ba} = 0{,}4.$$

Межосевое расстояние передачи

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_{ba} u^2 \sigma^2_{H\,adm}}} = 495(5+1) \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 5^2 \cdot 529{,}3^2}} = 194{,}7 \text{ мм}.$$

Округляем расчётное межосевое расстояние до ближайшего большего значения из ряда межосевых расстояний. Принимаем $a_w$ = 200 мм.

Делительный диаметр колеса

$$d_2 = \frac{2a_w u}{u+1} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 5}{5+1} = 333{,}3 \text{ мм}.$$

Ширина ступицы колеса и длина распорной втулки

$$b = \psi_{ba} a_w = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ мм}, \quad l_р = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Полученные расчетные результаты ширины ступицы колеса $b$ и длины распорной втулки $l_р$ не требуют округления, так как совпадают со значениями ряда номинальных линейных размеров *R*-40.

Принимаем $b$ = 80 мм, $l_р$ = 12 мм.

## Конструирование вала

Примем допустимое касательное напряжение кручения вала $\tau_{к\,adm}$ = 20 МПа.

Диаметр консольной части вала

$$d_к = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0{,}2\tau_{к\,adm}}} = \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 20}} = 56{,}4\,\text{мм}.$$

Расчётное значение диаметра консольной части вала округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_к = 60$ мм.

Длина консольной части вала пропорциональна его диаметру: $l_к = (1{,}5 \div 2{,}5)d_к$. Выбираем

$$l_к = 2d_к = 2 \cdot 60 = 120 \text{ мм}.$$

Результат расчёта не требует округления, так как является одним из значений ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_к = 120$ мм.

При диаметре консольной части вала$d_к = 60$ мм высота ступени $t = 3$ мм (приложение, табл. П2). Диаметр вала под подшипник

$$d_п = d_к + 2t = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}.$$

Результат округляем до ближайшего большего числа, кратного 5.

Принимаем $d_п = 70$ мм.

Длина ступени вала в месте посадки подшипника пропорциональна диаметру этого участка вала. Выберем минимальный из заданных значений коэффициент пропорциональности. Длина ступеньки вала в месте посадки подшипника

$$l_п = 1{,}25d_п = 1{,}25 \cdot 70 = 87{,}5 \text{ мм}.$$

Расчётное значение длины ступеньки вала в месте посадки подшипника округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_п = 90$ мм.

При диаметре вала под подшипник $d_п = 70$ мм координата фаски подшипника $r = 3{,}5$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр вала под колесом

$$d_{кол} = d_п + 3{,}2r = 70 + 3{,}2 \cdot 3{,}5 = 81{,}2 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра вала под колесом округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{кол} = 85$ мм.

При диаметре вала под колесом $d_{кол} = 85$ мм фаска ступицы колеса $f = 3$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр упорного буртика

$$d_{бур} = d_{кол} + 3f = 85 + 3 \cdot 3 = 94 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра буртика округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{бур} = 95$ мм.

Длина упорного буртика при симметричном расположении колеса относительно опор вала – подшипников

$$l_{бур} = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Принимаем без округления $l_{бур} = 12$ мм.

При диаметре вала в месте посадки подшипника $d_{\text{п}} = 70$ мм ширина подшипника $B = 24$ мм (см. табл. 5).

При переходе от консольной части вала к участку вала под подшипником диаметры участков $d_{\text{к}} = 60$ мм, $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Величина ступеньки $t = 0{,}5(d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 0{,}5(70 - 60) = 5$ мм.

Радиус галтели ступеньки вала пропорционален высоте ступеньки. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6t = 0{,}6 \cdot 5 = 3 \text{ мм}.$$

В месте установки распорной втулки при переходе от участка вала под левым подшипником к участку под колесом на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски распорной втулки, равной координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

При переходе от участка вала под колесом к буртику, где происходит упор ступицы колеса в буртик, на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален величине фаски ступицы колеса. Радиус галтели

$$R = 0{,}7f = 0{,}7 \cdot 3 = 2{,}1 \text{мм}.$$

Принимаем $R = 2$ мм.

В месте установки правого подшипника при переходе от буртика к участку вала под подшипником на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

### Проверка прочности шпоночного соединения

Диаметр консольной части вала $d_к$ = 60 мм, длина $l_к$ = 120 мм.

Выбираем размеры призматической шпонки в консольной части вала: ширина $b_ш$ = 18 мм; высота $h_ш$ = 11 мм; длина $l_ш$ = 80 мм; глубина паза в вале $t_1$ = 7 мм (табл. П1).

Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 80 - 18 = 62$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_к (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{62 \cdot 60(11-7)} = 96{,}5 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

При выборе шпонки под колесом, где диаметр вала $d_{кол}$ = 85 мм, ширина ступицы колеса $b$ = 80 мм, принимаем по табл. П1 ширину шпонки $b_ш$ = 22 мм; высоту $h_ш$ = 14 мм; длину $l_ш$ = 63 мм; глубину паза в вале $t_1$ = 9 мм. Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 63 - 22 = 41$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_{кол} (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{41 \cdot 85(14-9)} = 82{,}4 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

## 3. Проверочный расчёт вала редуктора

### Расчетная схема вала. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов

Схематическое изображение вала и действующей на него нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях приведено на рис. 8, *т*. Показаны предположительно опасные сечения вала: *А*, *Б* – сечения на участках вала, ослабленных вырезом под шпонку; *В*, *Г*, *Д* – сечения по ступенькам вала.

Рассмотрим силовую нагрузку вала при симметричном расположении колеса.

Консольная сила от муфты $F_м = 125\sqrt{T_2} = 125\sqrt{717,7} = 3348,7$ Н.

Силы в зацеплении зубчатой передачи:

– окружная сила $F_t = \dfrac{2T_2 \cdot 10^3}{d_2} = \dfrac{2 \cdot 717,7 \cdot 10^3}{333,3} = 4306,6$ Н,

– радиальная сила $F_r = F_t \mathrm{tg}20^\circ = 4306,6 \cdot 0,364 = 1567,6$ Н.

Для построения эпюр изгибающих моментов вычислим расстояния между точками приложения сил, отнесенных к оси вала

$$l_{опор} = l_к + l_п - (l_р + 0,5B) = 120 + 90 - (12 + 0,5 \cdot 24) = 186 \text{ мм},$$

$$a = 0,5b + l_р + 0,5B = 0,5 \cdot 80 + 12 + 0,5 \cdot 24 = 64 \text{ мм},$$

$$c = 0,5b + l_{бур} + 0,5B = 0,5 \cdot 80 + 12 + 0,5 \cdot 24 = 64 \text{ мм}.$$

**Эпюра изгибающих моментов $M_x$ в вертикальной плоскости**

Условия равновесия вала в вертикальной плоскости (рис. 8, *n*):

$$F_r c - R_{1y}(a + c) = 0, \quad -F_r a + R_{2y}(a + c) = 0.$$

Находим реакции опор подшипников в вертикальной плоскости:

$$R_{1y} = \frac{F_r c}{(a + c)} = \frac{1567,6 \cdot 64}{64 + 64} = 783,8 \text{ Н}, \quad R_{2y} = \frac{F_r a}{(a + c)} = \frac{1567,6 \cdot 64}{64 + 64} = 783,8 \text{ Н}.$$

Проверка: $R_{1y} - F_r + R_{2y} = 783,8 - 1567,6 + 783,8 = 0$.

На 1-м участке вала $0 \le z_1 \le l_{опор}$, $M_{1x} = 0$.

Изгибающие моменты в сечении вала *A*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, и в сечении *B*, где имеется ступенька вала при переходе от консольной части к участку вала под подшипник, равны нулю: $M_{xA} = M_{xB} = 0$.

На 2-м участке вала $0 \le z_2 \le a$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{2x} = R_{1y} z_2$$

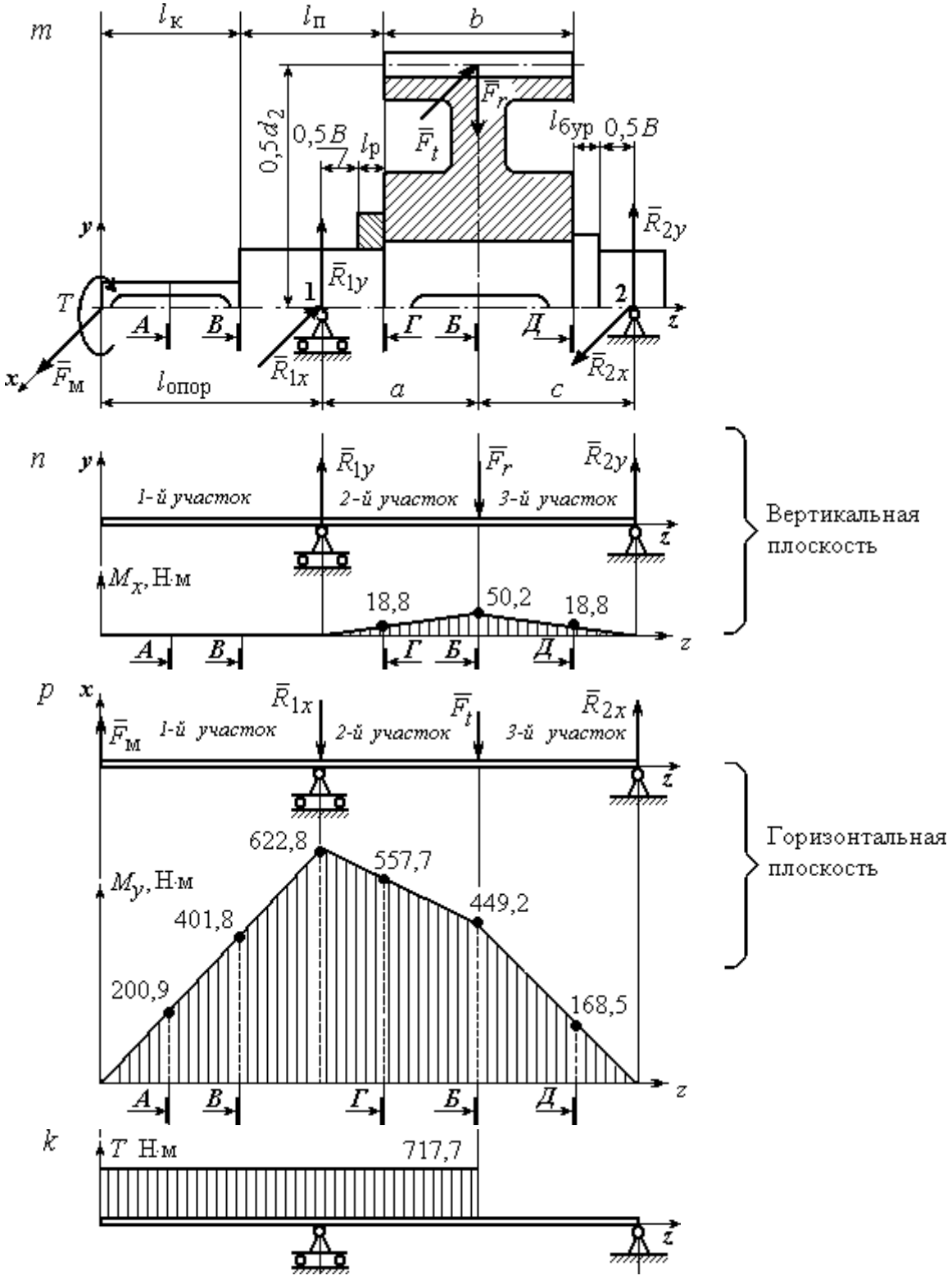



Рис. 8. Расчётная схема вала:
*m* – нагрузка вала; *n* – проекция нагрузки на вертикальную плоскость
и эпюра изгибающих моментов $M_x$; *p* – проекция нагрузки
на горизонтальную плоскость и эпюра изгибающих моментов $M_y$; *k* – эпюра крутящих моментов

В начале участка $z_2 = 0$, $M_{2x} = 0$. В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2x} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Г*, где у вала ступенька перехода от диаметра под подшипник к диаметру под колесо, при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{xГ} = R_{1y}(a - 0{,}5b) = 783{,}8 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Б*, где вал ослаблен шпоночным вырезом под колесом, при $z_{2Б} = a = 64$ мм $M_{xБ} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3x} = R_{1y}(z_3 + a) - F_r z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$, $M_{3x} = 50{,}2$ Н·м. В конце участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м, $M_{3x} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д*, где у вала ступенька при переходе от участка под колесом к буртику, при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{xД} = R_{1y}(0{,}5b + a) - F_r 0{,}5b =$$

$$= 783{,}8(40 + 64)10^{-3} - 1567{,}6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м}.$$

Вид эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости $M_x$ показан на рис. 8, *n*.

## Эпюра изгибающих моментов $M_y$ в горизонтальной плоскости

Условия равновесия вала в горизонтальной плоскости (рис. 8, *p*):

$$-F_м(l_{опор} + a + c) + F_t c + R_{1x}(a + c) = 0, \quad -F_м l_{опор} - F_t a + R_{2x}(a + c) = 0.$$

Реакции опор подшипников в горизонтальной плоскости

$$R_{1x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м(l_{опор} + a + c) - F_t c\right] =$$

$$= \frac{1}{(64 + 64)}\left[3348{,}7(186 + 64 + 64) - 4306{,}6 \cdot 64\right] = 6061{,}5 \text{ Н},$$

$$R_{2x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м l_{опор} + F_t a\right] =$$

$$= \frac{1}{(64+64)}\left[3348{,}7 \cdot 186 + 4306{,}6 \cdot 64\right] = 7019{,}4 \text{ Н}.$$

Проверка: $F_{\text{м}} - R_{1x} - F_t + R_{2x} = 3348{,}7 - 6061{,}5 - 4306{,}6 + 7019{,}4 = 0.$

На 1-м участке вала $0 \le z_1 \le l_{\text{опор}}$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{1y} = F_{\text{м}} z_1.$$

В начале 1-го участка при $z_1 = 0$, $M_{1y} = 0$.

В конце участка при $z_1 = l_{\text{опор}}$

$$M_{1y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8 \text{ Н·м}.$$

Положим координату сечения вала *А*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, $z_{1A} = 0{,}5 l_{\text{к}} = 60$ мм. Изгибающий момент в сечении *А*

$$M_{yA} = F_{\text{м}} 0{,}5 l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 200{,}9 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *В* при $z_{1B} = l_{\text{к}} = 120$ мм

$$M_{yB} = F_{\text{м}} l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 401{,}8 \text{ Н·м}.$$

На 2-м участке вала $0 \le z_2 \le a$. Эпюра моментов

$$M_{2y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + z_2) - R_{1x} z_2.$$

В начале участка при $z_2 = 0$, $M_{2y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8$ Н·м.

В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x} a =$$

$$= 3348{,}7(186+64)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Г* при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{yГ} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a - 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a - 0{,}5b\right) =$$

$$= 3348{,}7\left(186 + 24\right)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 557{,}7 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Б* при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ равен изгибающему моменту в конце 2-го участка $M_{yБ} = 449{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a + z_3) - R_{1x}(z_3 + a) - F_t z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x}a = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

В конце 3-го участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м $M_{3y} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д* при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{yД} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a + 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a + 0{,}5b\right) - F_t\, 0{,}5b =$$

$$= \left[3348{,}7\left(186 + 64 + 40\right) - 6061{,}5\left(64 + 40\right) - 4306{,}6 \cdot 40\right]10^{-3} = 168{,}5 \text{ Н·м}.$$

Эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости приведена на рис. 8, *р*.

Эпюра крутящих моментов показана на рис 8, *k*.

## Проверочный расчёт вала

Результаты расчётов изгибающих моментов в потенциально опасных сечениях показаны на рис. 8, *n*, *p* и приведены в табл. 7.

Среди сечений, ослабленных шпоночным пазом (сечение *А*, *Б*), наиболее опасным является сечение *Б* вала под колесом. Суммарный изгибающий момент в этом сечении $M_{\text{сум}Б} = 452$ Н·м.

Среди сечений в местах ступенчатого перехода вала (сечения *В*, *Г* и *Д*) наиболее опасным является сечение *Г* – ступенька вала при переходе от диаметра вала под подшипник к диаметру под колесо. В этом сечении суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}Г} = 558$ Н·м.

Таким образом, проверку вала на усталостную прочность необходимо проводить в двух наиболее опасных сечениях – *Г* и *Б*.

Таблица 7

**Изгибающие моменты в потенциально опасных сечениях вала при расчётах на сопротивление усталости**

| Параметр | Виды опасных сечений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | | сечения в местах ступенчатого перехода вала | | |
| Сечение на валу | *А* | *Б* | *В* | *Г* | *Д* |
| Изгибающий момент в вертикальной плоскости $M_x$, Н·м | 0 | 50,2 | 0 | 18,8 | 18,8 |
| Изгибающий момент в горизонтальной плоскости $M_y$, Н·м | 200,9 | 449,2 | 401,8 | 557,7 | 168,5 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}}$, Н·м | 200,9 | 452,0 | 401,8 | 558,0 | 169,5 |

**Сечение Г.** При расчёте момента сопротивления сечения выбирается меньший из диаметров – диаметр вала под подшипник $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{\text{и}Г} = 0{,}1d_{\text{п}}^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aГ} = \frac{M_{\text{сум}\,Г} 10^3}{W_{\text{и}Г}} = \frac{558 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 16{,}3 \text{ МПа}.$$

В сечении *Г* отношение радиуса галтели к диаметру $\frac{R}{d_{\text{п}}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$.

Коэффициент концентрации напряжений изгиба в сечении *Г*: $K_\sigma = 2$ (рис. П2, приложение).

Для материала вала с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа при чистовой обработке поверхности коэффициент качества обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

При расчётном диаметре сечения $d_{\text{п}} = 70$ мм масштабный фактор для напряжений изгиба $\varepsilon_\sigma = 0{,}77$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mГ} = 0$.

Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба

$$\sigma_{-1} = 0{,}43\sigma_{в} = 0{,}43 \cdot 640 = 275{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Г*

$$n_{\sigma Г} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_{aГ} + \psi_\sigma \sigma_{mГ}} = \frac{275{,}2}{\frac{2}{0{,}83 \cdot 0{,}77}16{,}3} = 5{,}4.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений пропорционален пределу прочности материала вала. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности

$$\tau_{-1} = 0{,}25\sigma_{в} = 0{,}25 \cdot 640 = 160 \text{ МПа}.$$

Полярный момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{pГ} = 0{,}2d_{п}^{3} = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aГ} = \tau_{mГ} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pГ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 68{,}6 \cdot 10^3} = 5{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений в сечении *Г* при отношении радиуса галтели к диаметру вала $\frac{R}{d_{п}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$, $K_\tau = 1{,}49$ (рис. П2, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений при диаметре сечения $d_{п} = 70$ мм $\varepsilon_\tau = 0{,}65$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_{в} = 640$ МПа $\psi_\tau = 0$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Г*

$$n_{\tau Г} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aГ} + \psi_\tau \tau_{mГ}} = \frac{160}{\frac{1{,}49}{0{,}83 \cdot 0{,}65}5{,}2} = 11{,}1.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Г*

$$n_{\Gamma} = \frac{n_{\sigma\Gamma} n_{\tau\Gamma}}{\sqrt{n_{\sigma\Gamma}^2 + n_{\tau\Gamma}^2}} = \frac{5{,}4 \cdot 11{,}1}{\sqrt{5{,}4^2 + 11{,}1^2}} = 4{,}8 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Г* вал удовлетворяет условию прочности.

**Сечение Б.** Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба $\sigma_{-1}$= 275,2 МПа.

Момент сопротивления сечения *Б* при изгибе с учетом шпоночного паза

$$W_{иБ} = 0{,}1 d_{\text{кол}}^3 - \frac{b_{\text{ш}} t_1 (d_{\text{кол}} - t_1)^2}{2 d_{\text{кол}}} = 0{,}1 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 54{,}7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aБ} = \frac{M_{\text{сум}Б} 10^3}{W_{иБ}} = \frac{452 \cdot 10^3}{54{,}7 \cdot 10^3} = 8{,}3 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации напряжений изгиба для сечения *Б*, ослабленного шпоночным пазом, $\sigma_{\text{в}}$ = 640 МПа, $K_{\sigma}$= 1,85 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала $\beta$ = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для напряжений изгиба вала при $d_{\text{кол}}$ = 85 мм $\varepsilon_{\sigma}$ = 0,72 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}}$ = 640 МПа $\psi_{\sigma}$ = 0,05 (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mБ}$ = 0.

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Б*

$$n_{\sigma Б} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\beta \varepsilon_{\sigma}} \sigma_{aБ} + \psi_{\sigma} \sigma_{mБ}} = \frac{275{,}2}{\frac{1{,}85}{0{,}83 \cdot 0{,}72} 8{,}3} = 10{,}7.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений $\tau_{-1}$= 160 МПа.

Полярный момент сопротивления сечения *Б* с учетом шпоночного паза

$$W_{рБ} = 0{,}2 d_{\text{кол}}^3 - \frac{b_{\text{ш}} t_1 (d_{\text{кол}} - t_1)^2}{2 d_{\text{кол}}} = 0{,}2 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 116{,}1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aБ} = \tau_m = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pБ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 116{,}2 \cdot 10^3} = 3{,}1 \text{ МПа.}$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений для сечения *Б* при $\sigma_в$ = 640 МПа $K_\tau$ = 1,6 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала при $\sigma_в$ = 640 МПа $\beta$ = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений вала при $d_{кол}$ = 85 мм $\varepsilon_\tau$ = 0,62 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_в$ = 640 МПа $\psi_\tau$ = 0 (табл. П4, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Б*

$$n_{\tau Б} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aБ} + \psi_\tau \tau_{mБ}} = \frac{160}{\frac{1{,}6}{0{,}83 \cdot 0{,}62}3{,}1} = 16{,}6.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Б*

$$n_Б = \frac{n_{\sigma Б} n_{\tau Б}}{\sqrt{n_{\sigma Б}^2 + n_{\tau Б}^2}} = \frac{10{,}7 \cdot 16{,}6}{\sqrt{10{,}7^2 + 16{,}6^2}} = 8{,}9 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Б* вал удовлетворяет условию прочности.

## Расчёт на статическую прочность

При расчёте на статическую прочность опасное сечение вала проходит через средину подшипника 1. В этом сечении суммарный изгибающий момент максимальный, равный $M_{сум1}$ = 622,8 Н·м.

Диаметр сечения $d_п$ = 70 мм. Вал сплошной. Осевой и полярный моменты сопротивления сечения при изгибе и кручении

$$W_{и1} = 0{,}1 d_п^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3, \quad W_{p1} = 0{,}2 d_п^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Напряжения изгиба и кручения в опасном сечении

$$\sigma_{и1} = \frac{M_{сум1} \cdot 10^3}{W_{и1}} = \frac{622{,}8 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 18{,}2 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{к1} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{W_{p1}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{68{,}6 \cdot 10^3} = 10{,}5 \text{ МПа}.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{и1}^2 + 3\tau_{к1}^2} = \sqrt{18{,}2^2 + 3 \cdot 10{,}5^2} = 25{,}7 \text{ МПа}.$$

Коэффициент перегрузки $k = 2$. Предел текучести материала вала $\sigma_т = 380$ МПа.

Запас статической прочности

$$n_т = \frac{\sigma_т}{k\sigma_{экв}} = \frac{380}{2 \cdot 25{,}7} = 6{,}2 > n_{т\,adm} = 1{,}2 \div 1{,}8.$$

Результаты проверочного расчёта вала на прочность приведены в табл. 8.

Эскизный чертёж вала дан на рис. 9.

Таблица 8

**Результаты расчета вала на прочность**

| Параметр | Виды расчётов | | |
|---|---|---|---|
| | сопротивление усталости | | статическая прочность |
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | сечения в местах ступенчатого перехода вала | сечение, где суммарный изгибающий момент максимальный |
| Наиболее опасное сечение вала | *Б* | *Г* | средина опоры 1 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{сум}$, Н·м | 452 | 558 | 622,8 |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу, $n_\sigma$ | 10,7 | 5,4 | – |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению, $n_\tau$ | 16,6 | 11,1 | – |
| Общий коэффициент запаса сопротивления усталости, $n$ | 8,9 | 4,8 | – |
| Коэффициент запаса статической прочности | – | – | 6,2 |

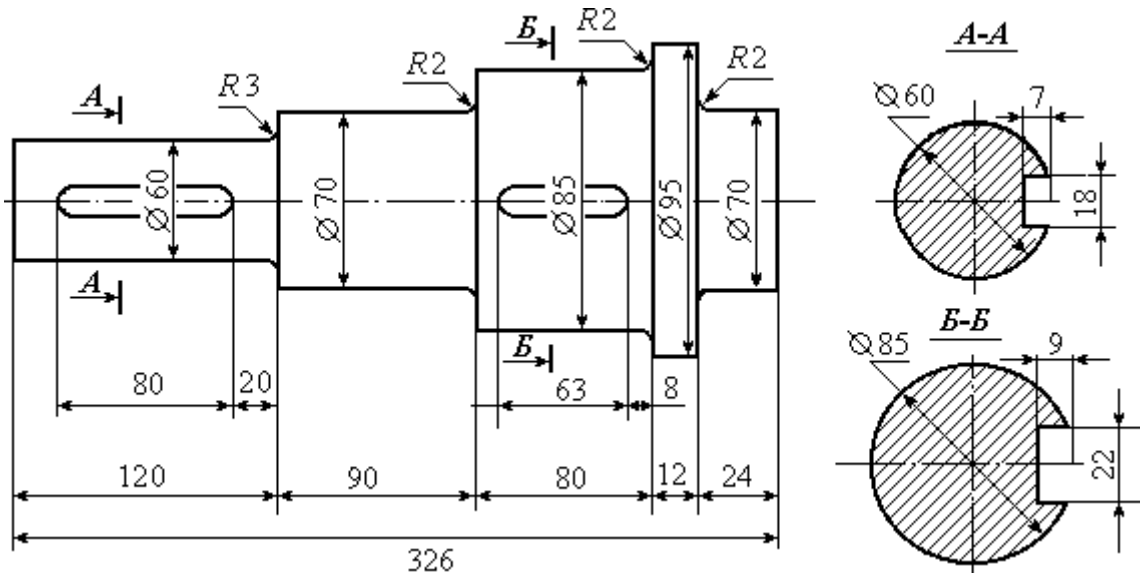
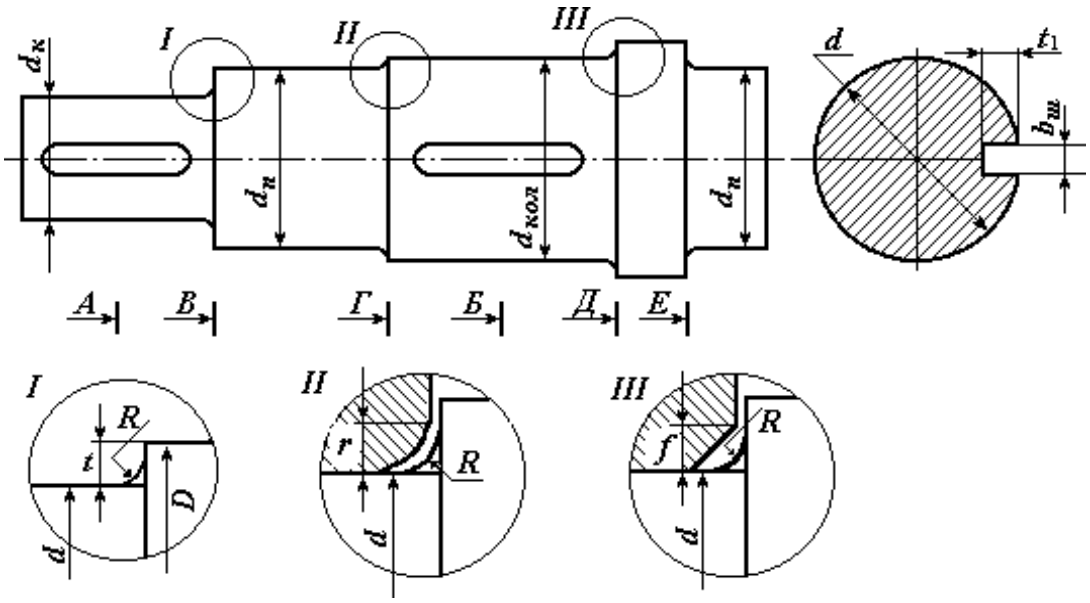



Рис. 9. Эскизный чертёж вала

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. П1.







Элементы конструкций вала:
*R* – радиус галтели; *t* – высота ступеньки; *r* – координата фаски подшипника;
*f* – величина фаски ступицы

Таблица П1

**Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78)**

| Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм | Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ | *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ |
| 17÷22 | 6 | 6 | 14÷70 | 3,5 | 58 ÷ 65 | 18 | 11 | 50÷200 | 7 |
| 22÷30 | 8 | 7 | 18÷90 | 4 | 65 ÷75 | 20 | 12 | 56÷220 | 7,5 |
| 30 ÷ 38 | 10 | 8 | 22÷110 | 5 | 75 ÷85 | 22 | 14 | 63÷250 | 9 |
| 38 ÷ 44 | 12 | 8 | 28÷140 | 5 | 85 ÷95 | 25 | 14 | 70÷280 | 9 |
| 44 ÷ 50 | 14 | 9 | 36÷160 | 5,5 | 95 ÷110 | 28 | 16 | | 10 |
| 50 ÷ 58 | 16 | 10 | 45÷180 | 6 | 110÷130 | 32 | 18 | | 11 |

*Примечание.* Длина шпонки $l_ш$ (мм) выбирается из стандартного ряда длин: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125

Таблица П2

**Значения высоты *t* ступеньки вала, координаты *r* фаски подшипника и величины *f* фаски ступицы колеса в зависимости от диаметра *d* вала, мм**

| $d$ | 17–24 | 25–30 | 32–40 | 42–50 | 52–60 | 63–70 | 75–85 | 85–95 | 95–105 | 105–115 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3 | 3,3 | 3,5 | 3,8 | 4 | 4 |
| $r$ | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4 | 4 |
| $f$ | 1 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |

Таблица П3

**Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для сечений валов, ослабленных шпоночными пазами**

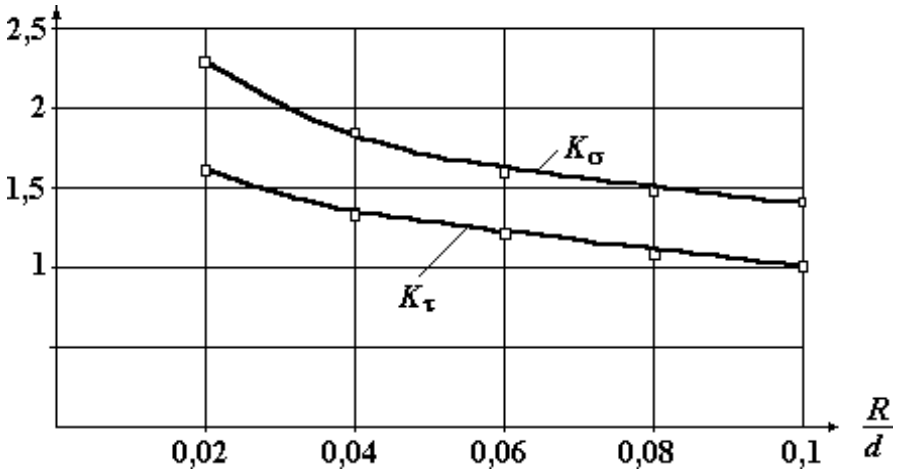
| $\sigma_в$, МПа | 500 | 700 | 900 |
|---|---|---|---|
| $K_\sigma$ | 1,6 | 1,9 | 2,15 |
| $K_\tau$ | 1,4 | 1,7 | 2,05 |

Таблица П4

**Коэффициенты чувствительности асимметрии цикла**

| $\sigma_в$, МПа | 350 – 520 | 520 – 720 | 720 – 1000 | 1000 – 1200 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_\sigma$ | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
| $\psi_\tau$ | 0 | 0 | 0,05 | 0,1 |

Рис. П2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений $K_\sigma$ и $K_\tau$ в зависимости от отношения радиуса галтели к диаметру вала



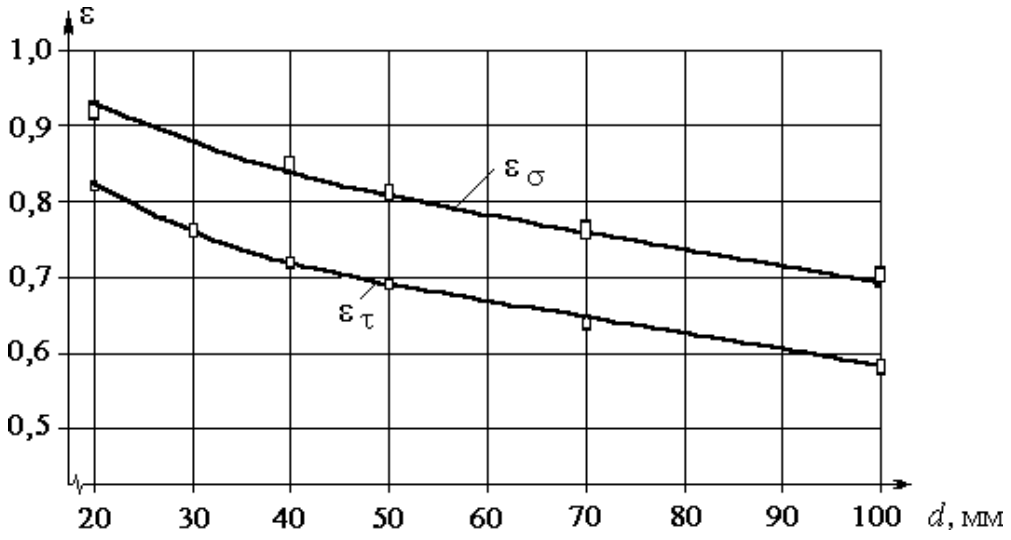



Рис. П3. Зависимость значений масштабных факторов $\varepsilon_\sigma$ и $\varepsilon_\tau$ от диаметра вала

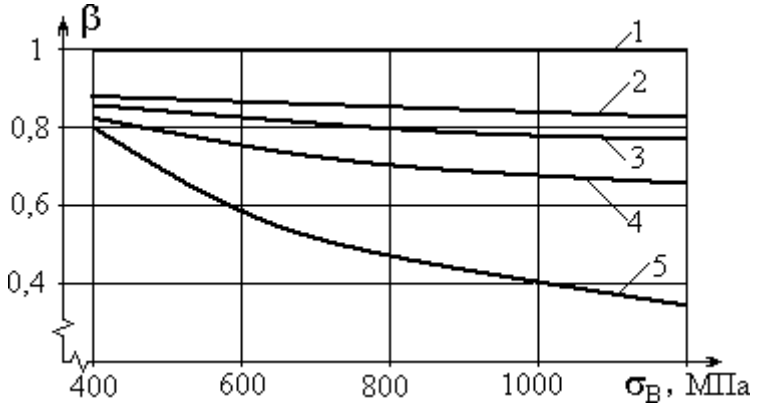



Рис. П4. Зависимость коэффициента β качества обработки поверхности от предела выносливости материала и вида обработки:

1 – полированная поверхность; 2 – шлифование; 3 – тонкая (чистовая) обработка; 4 – грубое точение; 5 – окалина

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Афанасьев А. И., Ляпцев С. А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2005.

*Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учебн. пособие для студ. техн. спец. вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 496 с.*

*Краснов М. М., Вереина Л. И.* Техническая механика. М.: – Academia, 2010. – 288 с.

*Левитский И. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 2007.

*Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.* Лекции по сопротивлению материалов. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2012.

Сопротивление материалов в примерах и задачах. *Под ред*. *Мокрушина Н. В.*– Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2010.

*Олофинская В. П.* Техническая механика. – М.: Форум, 2009.

*Смеляпин А. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Инфра, 2009.

*Степин П. А.* Сопротивление материалов. – М.: Лань, 2010.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

# Б1.В.08 ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Технической механики | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Волков Е.Б. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 15.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «Прикладная механика».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа, зачет.

## ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций*

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов. Оформление необходимой документации.

# 1. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные и шлицевые соединения служат для закрепления деталей на осях и валах и передачи крутящего момента от вала к ступице детали или наоборот, от ступицы к валу.

Рабочими гранями призматических и сегментных шпонок служат их боковые, более узкие грани. На боковых гранях возникают напряжения смятия $\sigma_{см}$, а в продольном сечении шпонки – напряжения среза $\tau_{ср}$.

Условие прочности на смятие для призматических шпонок (рис. 1):

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} \le [\sigma_{см}],$$

условие прочности шпонки на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_{раб}} \le [\tau_{ср}],$$

где $T$ – крутящий момент на валу; $d$ – диаметр вала; $h$ – высота шпонки; $b$ – ширина шпонки; $l_{раб}$ – рабочая длина призматической шпонки.

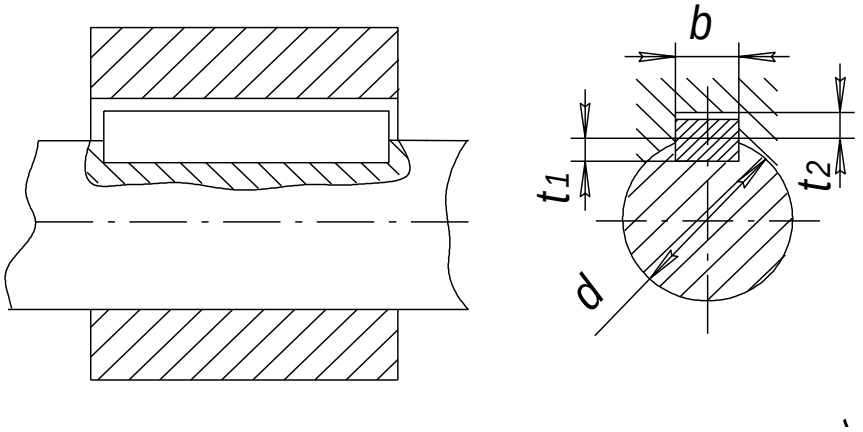



Рис. 1. Шпоночное соединение

Для неподвижных шпоночных соединений допускают:
при переходных посадках $[\sigma_{см}] = 80...150$ МПа; при посадках с натягом $[\sigma_{см}] = 110...200$ МПа. Меньшие значения для чугунных ступиц и при резких изменениях нагрузки. В подвижных соединениях (в осевом направлении) $[\sigma_{см}] = 20...30$ МПа. Допускаемые напряжения на срез шпоночных соединений $[\tau_{ср}] = 60...90$ МПа.

Допускаемое напряжение смятия в неподвижных шлицевых соединениях при тяжёлых условиях эксплуатации $[\sigma_{см}] = 35...50$ МПа.

## Задача № 1

Для вала диаметром 60 мм подобрать размеры призматической шпонки с закругленными концами. Определить, какой момент может передавать эта шпонка. Принять длину шпонки $l = 1{,}3 \cdot d$ ; $[\sigma_{см}] = 80$ МПа.

### Решение

По рекомендации вычисляем предварительную длину шпонки $l = 1{,}3 \cdot 60 = 78{,}0$ мм. .

По ГОСТу 23360-78 принимаем $l = 80$ мм и выбираем размеры сечения шпонки высота $h$=11 мм; ширина $b$=18 мм в соответствии с диаметром вала $d$=60 мм ( табл.П.1). Рабочая длина шпонки

$$l_{раб} = l - b. \qquad (1)$$

Запишем условие прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} \le [\sigma_{см}] \ , \qquad (2)$$

откуда определяем крутящий момент

$$T \le \frac{[\sigma_{см}] \cdot d \cdot h \cdot l_{раб}}{4 \cdot 10^3} = \frac{80 \cdot 60 \cdot 11 \cdot (80 - 18)}{4 \cdot 10^3} = 818 \ \text{Н} \cdot \text{м}.$$

## Задача № 2

Выбрать по ГОСТу призматическую шпонку для соединения шестерни с валом диаметром 35 мм (рис.1), передаваемый момент равен $150 H \cdot м$. Выполнить полную проверку соединения на прочность.

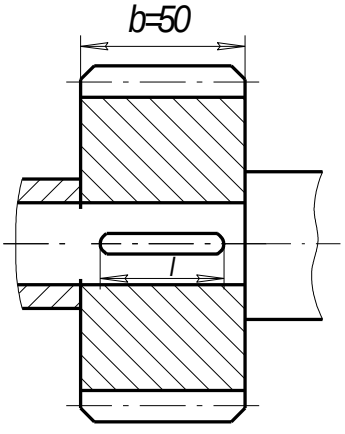



Рис. 2. Соединение к задаче 2

### Решение

По ГОСТу 23360-78 выбираем сечение шпонки $h$=8 мм; $b$=10 мм. Из конструктивных соображений длину шпонки $l$ принимаем на 5─10 мм меньше ширины зубчатого венца шестерни $b_w$=50 мм, поэтому $l$ =45 мм. Итак, размеры шпонки по ГОСТ $10 \times 8 \times 45$ мм.

Проверим прочность шпонки на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} = \frac{4 \cdot 150 \cdot 10^3}{35 \cdot 8 \cdot (45 - 10)} = 61{,}2 \ \text{МПа} < 80 \ \text{МПа}, \quad (3)$$

где $[\sigma_{см}] = 80$ МПа .

Проверим шпонку на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_{раб}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^3}{35 \cdot 10 \cdot (45 - 10)} = 24{,}5 \ \text{МПа} < 60 \ \text{МПа}, \quad (4)$$

где $\lfloor \tau_{ср} \rfloor = 60$ МПа . Условия прочности выполнены.

## Задача № 3

Зубчатое колесо, рассчитанное для передачи окружного усилия $F_t = 6кН$, соединено с валом призматической шпонкой (рис.3). Проверить шпоночное соединение на прочность.

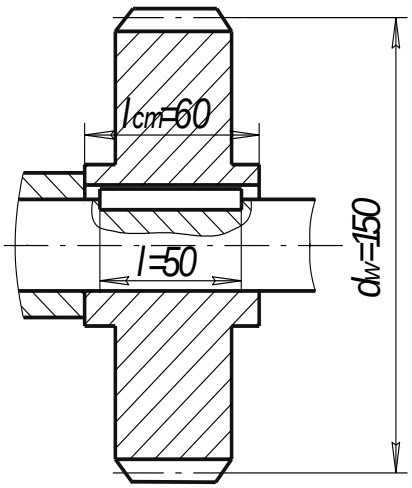
## Решение

Определяем крутящий момент на валу, передаваемый цилиндрическим зубчатым колесом, Н·м:

$$T = \frac{F_t \cdot d_w}{2} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{2} = 450 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Диаметр вала определяем из условия прочности вала:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0{,}2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{450 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 15}} = 53{,}1 \text{ мм}, \quad (5)$$




где [τ] – пониженное напряжение на кручение, обычно принимают для редукторных и аналогичных валов [τ] = (12…15) МПа.

Округляем по ряду Ra 40 диаметр вала *d*=56 мм.

Размеры шпонки выбираем по ГОСТу 23360-78 $16 \times 10 \times 50$ (по табл. П. 1).

Проводим проверку шпонки на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} = \frac{4 \cdot 450 \cdot 10^3}{56 \cdot 10 \cdot (50 - 16)} = 94{,}5 \text{ МПа}. \quad (6)$$

Поскольку $\sigma_{см} = 94{,}5 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 200 \text{ МПа}$, условие прочности соблюдается, так как посадка колеса на вал с натягом.

Рис.3. Соединение к задаче 3

## Задача № 4

Втулочная муфта, соединяющая два вала, установлена на сегментных шпонках (рис. 4). Соединение с натягом. Подобрать размеры шпонки и проверить соединение на срез и смятие. Расчетный момент определить из условия прочности вала на кручение, при допускаемом напряжении на кручение $[\tau_{КР}] = 25МПа$, ослабление вала шпоночной канавкой не учитывать.

## Решение

Условие прочности вала на кручение:

$$\tau_{кр} = \frac{T}{0{,}2 \cdot d^3} \leq [\tau_{кр}], \quad (7)$$

откуда вычисляем крутящий момент

$$T \le \frac{[\tau_{кр}] \cdot 0{,}2 \cdot d^3}{10^3} = \frac{25 \cdot 0{,}2 \cdot 38^3}{10^3} = 274\,\text{Н} \cdot \text{м}\ .$$

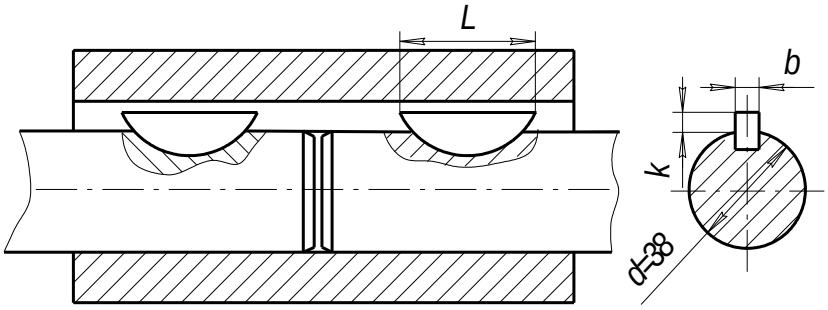



Рис. 4. Соединение к задаче 4

Размеры шпонки выбираем по ГОСТ 24071-80: высота $h$=13 мм; ширина $b$=10 мм; $D$=32 мм; глубина врезания $t_1$=10 мм; $t_2$ = 3,3 мм (далее в формуле $k = t_2$) см. табл. П. 2. Проверяем подобранную шпонку на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot k \cdot L} = \frac{2 \cdot 274 \cdot 10^3}{38 \cdot 3{,}3 \cdot 32} = 137\,\text{МПа}, \qquad (8)$$

где длина шпонки $L \approx D \approx 32$ мм.

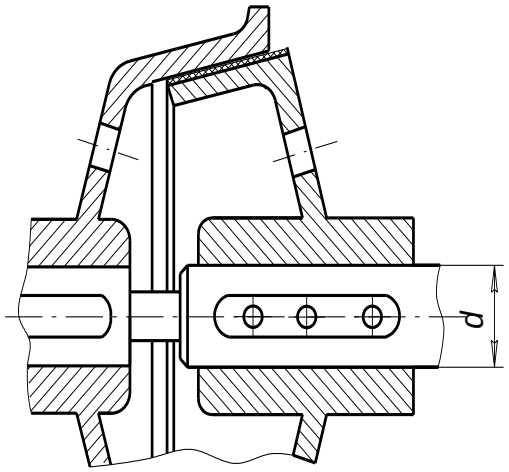
Поскольку $\sigma_{см} = 137\,\text{МПа} < [\sigma_{см}] = 200\,\text{МПа}$, то далее проверяем шпонку на срез

$$\tau_{ср} \approx \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot L} \approx \frac{2 \cdot 274 \cdot 10^3}{38 \cdot 10 \cdot 32} \approx 45\,\text{МПа} < 60\ \text{МПа}. \qquad (9)$$

Отмечаем, что соединение с натягом является прочным.

## Задача № 5

Определить рабочую длину и сечение призматической шпонки вала конической фрикционной муфты (рис. 5.) по следующим данным: $d$=45 мм; материал сталь 50. Материал муфты – чугун СЧ18. Момент, передаваемый муфтой, равен $T = 345\,\text{Н} \cdot \text{м}$. Перемещение муфты производится под нагрузкой, вал работает с незначительными толчками, $[\sigma_{см}] = 40\,\text{МПа}$.




### Решение

По ГОСТу 23360-78 выбираем сечение шпонки 14х9 мм, где $b$=14 мм; $h$=9 мм; $t_1$=5,5 мм; $t_2$ = 3,8 мм; (табл. П.1).

Условие прочности на смятие:

Рис. 5. Муфта коническая

$$\sigma_{CM} = \frac{4 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot h \cdot l_{РАБ}} \le [\sigma_{CM}], \qquad (10)$$

откуда определяем рабочую длину шпонки $l_{раб} \ge \frac{4 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot h \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{4 \cdot 345 \cdot 10^3}{45 \cdot 9 \cdot 40} = 85{,}2$ мм.

Вычисляем предварительно длину призматической шпонки $l = l_{раб} + b = 85{,}2 + 14 = 99{,}2$ мм и принимаем по ГОСТ окончательно $l$ =100 мм.

## 2. ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Задача № 6

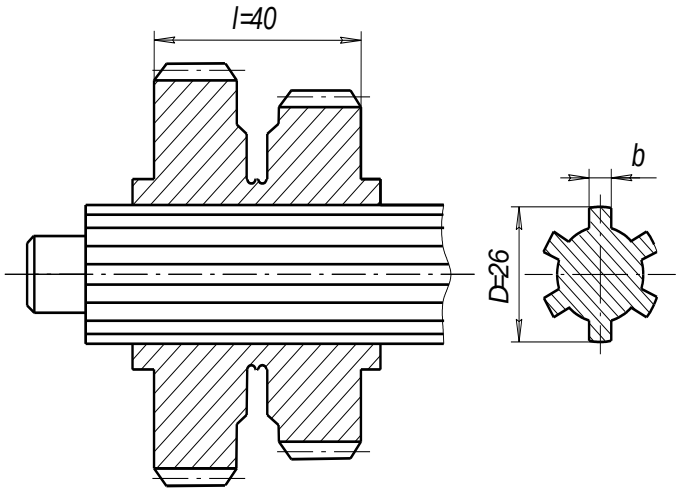



Рис. 6. Шлицевое соединение

Проверить зубчатое (шлицевое) прямобочное соединение блока шестерен с валиком (рис. 6) коробки передач токарного станка по следующим данным: материал вала – сталь 45, число зубьев (шлицов) $z = 6$. Передаваемый момент $T$= 100 Н·м. Блок шестерен из стали 40, переключение не под нагрузкой. Рабочая поверхность шлицов термически обработана и шлифована.

Условия эксплуатации средние.

### Решение

По заданному наружному диаметру $D$=26 мм выбираем по табл. П.3 легкую серию с размерами: $b$ =6 мм, $c$ =0,3 мм, $l$ =40 мм, $d$ =23 мм, $z$ = 6.

Проверяем соединение на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d_{ср} \cdot k_з \cdot z \cdot h \cdot l} \le [\sigma_{см}], \qquad (11)$$

где $d_{ср} = \frac{D + d}{2} = \frac{26 + 23}{2} = 24{,}5$ мм; $k_з = 0{,}7 \ldots 0{,}8$; принимаем $k_з = 0{,}75$;

$h = \frac{D - d}{2} - 2 \cdot c = \frac{26 - 23}{2} - 2 \cdot 0{,}3 = 0{,}9$ мм; $[\sigma_{см}] = 45$ МПа;

$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{24{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 6 \cdot 0{,}9 \cdot 40} = 50{,}4$ МПа $> 45$ МПа, из этого следует, что легкая серия не подходит, а значит выбираем среднюю. Для средней серии: $D$=2 мм, $b$ =6 мм, $c$ =0,3 мм, $l$ =40 мм, $d$ =23 мм, $z$ = 6.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{25{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 6 \cdot 1{,}9 \cdot 40} = 22{,}9 \text{ МПа}, \quad \text{где} \quad d_{ср} = \frac{D+d}{2} = \frac{28+23}{2} = 25{,}5 \text{ мм};$$

$$h = \frac{D-d}{2} - 2 \cdot c = \frac{28-23}{2} - 2 \cdot 0{,}3 = 1{,}9 \text{ мм}; \quad \sigma_{см} = 22{,}9 \text{ МПа} < 45 \text{ МПа},$$

следовательно, средняя серия удовлетворяет условию прочности.

## 3. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварка – это технологический процесс соединения металлических деталей при сильном местном нагреве их до расплавленного или пластического состояния с применением давления. Затвердевший после сварки металл называется сварным швом. Прочность соединения зависит от однородности и непрерывности материала сварного шва и окружающей его зоны.

Наибольшее распространение получили следующие виды сварки: электродуговая ручная, автоматическая дуговая под слоем флюса, контактная (оплавленная, точечная, шовная, трением). Электрошлаковая сварка предназначена для соединения деталей большой толщины и для чугунных отливок.

Все виды контактной сварки высокопроизводительны, их широко применяют в массовом производстве для сварки труб, арматуры, кузовов автомашин, металлической обшивки железнодорожных вагонов, корпусов самолетов, тонкостенных резервуаров и т. д.

В зависимости от толщины свариваемых дуговой сваркой деталей требования к форме кромок различны: края тонких листов до 3 мм загибают, кромки листов толщиной от 8 до 20 мм при автоматической сварке выполняют прямыми, а при большей толщине деталей делают скошенные края под углом 60 градусов.

По сравнению с клёпаными и литыми конструкциями сварные обеспечивают существенную экономию металла и значительно снижают трудоемкость процесса изготовления. Поэтому сварные конструкции в большинстве случаев гораздо дешевле клепаных и литых. Применение сварки особенно целесообразно при изготовлении конструкций сложной формы, отдельные детали которых получают прокаткой, ковкой, штамповкой и отливкой.

К недостаткам сварных конструкций относятся: появление остаточных напряжений в свариваемых элементах после окончания процесса сварки, коробление, плохое восприятие переменных и особенно вибрационных нагрузок, сложность и трудоемкость контроля качества сварных швов.

**Конструкции и расчет на прочность.** Сварные соединения относятся к неразъёмным. По взаимному расположению элементов их можно разделить на следующие группы: стыковые, угловые, нахлесточные и тавровые.

Сварной шов стыкового соединения называется стыковым швом, а сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединений – угловым швом.

**Стыковые швы рассчитывают:**

на растяжение $\sigma_р = \dfrac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma']_р$; (12)

и на сжатие $\sigma_{сж} = \dfrac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma']_{сж}$; (13)

а также на изгиб $\sigma = \dfrac{M}{W} = \dfrac{M \cdot 6}{b \cdot \delta^2}$, (14)

где $F$ – внешняя нагрузка; $[\sigma'_р]$ – допускаемое напряжение сварного шва при растяжении, пишется со штрихом и вычисляется по формуле: $[\sigma'_р] = (0{,}9...1{,}0) \cdot [\sigma_р]$; $[\sigma_р]$ – допускаемое напряжение при растяжении для материала деталей; $b$ - длина сварного шва; $\delta$ – толщина деталей; $M$ – изгибающий момент в плоскости сечения; $W$ – момент сопротивления расчетного сечения шва.

**Угловые швы** имеют следующие основные геометрические характеристики – катет $k$ и высоту $h$ ; для нормального шва $h = k \sin 45 = 0{,}7k$ (рис. 7).

В зависимости от расположения швы различают: фланговые, лобовые и косые.

Лобовой шов расположен перпендикулярно линии действия нагружающей силы, а фланговый - параллельно. Обычно применяют комбинированные сварные швы в соединениях.

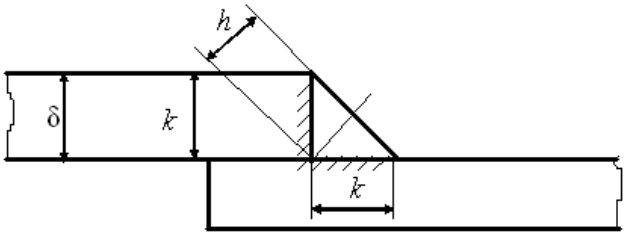



Рис. 7. Угловой шов

Условие прочности флангового шва записывается в виде:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7k_1 \cdot 2l} \le [\tau'] \quad (15)$$

где $[\tau']$- допускаемое напряжение в сварном шве при срезе.

Для сравнительно коротких швов, если соединение нагружено парой сил с моментом Т, касательные напряжения определяется в виде

$$\tau = \frac{T}{0{,}7klb} \le [\tau'], \quad (16)$$

Если одна из соединяемых деталей асимметрична, например, к листу приварен уголок, то расчет прочности производят с учетом нагрузки, воспринимаемой каждым швом и распределяемой по швам обратно пропорционально плечам $a_1$ и $a_2$ (рис. 8).

При этом напряжения в обоих фланговых швах определяются:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7k(l_1 + l_2)} \le \left[\tau'\right] \qquad (17)$$

и длина каждого шва находится обратно пропорционально плечам: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{a_2}{a_1}$.

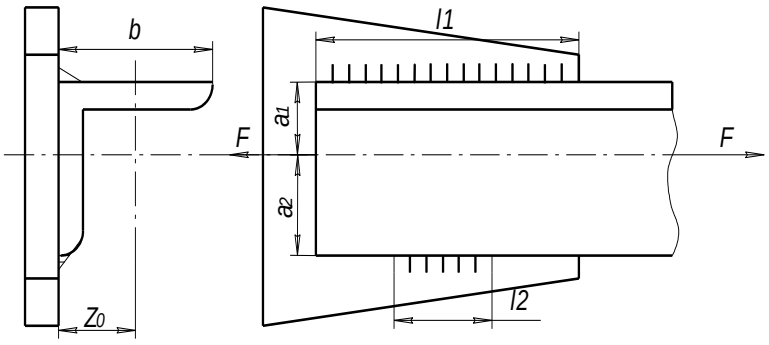



Рис. 8. Фланговый шов асимметричной детали

**Л о б о в ы е ш в ы**

Лобовые швы рассчитывают только по касательным напряжениям, действующим в плоскости биссектрисы m-m:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7kl} \le \left[\tau'\right] \qquad (18)$$

Если соединение нагружено парой сил с моментом Т, то условие прочности:

$$\tau_c = \frac{T}{W} = \frac{6T}{0{,}7klb^2} \le [\tau'_c]. \qquad (19)$$

**При сложном напряженном состоянии** растяжения (или сжатия) с изгибом прочность соединения определяют по формулам:

для соединений встык, выполненных стыковым швом

$$\sigma_p = \frac{F}{b \cdot \delta} + \frac{6M}{b \cdot \delta^2} \le \left[\sigma'_p\right] \qquad (20)$$

для нахлёсточных соединений, выполненных угловыми швами

$$\tau_c = \frac{6M}{0{,}7k \cdot 2l^2} + \frac{F}{0{,}7k \cdot 2l} \le [\tau'_c]. \qquad (21)$$

Для решения задач приведены физико-механические свойства некоторых сталей (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические свойства некоторых материалов

| Марка стали | Предел прочности $\sigma_в$, МПа | Предел текучести $\sigma_т$, МПа | Предел выносливости $\sigma_{-1}$, МПа |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ст 3 и 10 | 340 | 200 | 160 |
| Сталь 20 | 400 | 240 | 170 |
| Сталь 35 | 500 | 300 | 180 |
| Сталь 45 | 600 | 360 | 240 |
| Сталь 35 Х | 800 | 640 | 280 |
| Сталь 30ХГСА | 1000 | 900 | 300 |

Допускаемые напряжения сварных швов зависят от вида шва, способа сварки, марки электродов и характера нагрузки (табл.2.).

Таблица 2

**Допускаемые напряжения в сварных швах**

| Вид технологического процесса сварки | Допускаемые напряжения в швах при | | |
|---|---|---|---|
| | Растяжении $[\sigma']_P$ | Сжатии $[\sigma']_{СЖ}$ | Срезе $[\tau']$ |
| Автоматическая под флюсом, ручная электродами Э42А и Э50А, контактная стыковая | $[\sigma]_P$ | $[\sigma]_P$ | $0{,}65[\sigma]_P$ |
| Ручная дуговая электродами Э42 и Э50, газовая сварка | $0{,}9[\sigma]_P$ | $[\sigma]_P$ | $0{,}6[\sigma]_P$ |
| Контактная точечная и шовная | - | - | $0{,}5[\sigma]_P$ |

**Примечание**. $[\sigma]_р = \sigma_T / s$ - допускаемое напряжение на растяжение для материала соединяемых деталей при статических нагрузках. Для металлических конструкций запас прочности $s$ =1,4…1,6.

## Задача №7

Проверить прочность соединения двух стальных листов толщиной $\delta = 10$ мм, шириной $b = l = 200$ мм , нагруженных силой $F = 140$ кН. Материал – сталь Ст5 ($\sigma_т = 200$ МПа ).

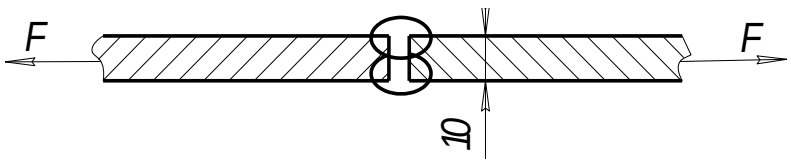



Рис. 9. Сварное соединение к задаче 7

## Решение

Определяем допускаемое напряжение в материале

$$[\sigma]_р = \sigma_т / s = \frac{200}{1{,}5} = 133 \text{ МПа}.$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве по табл. 2:
$\lfloor\sigma'\rfloor_{\text{р}} = 0{,}9 \cdot 133 = 120$ МПа.

Запишем условие прочности сварного шва

$$\sigma'_{\text{р}} = \frac{F}{\delta \cdot l} \le \lfloor\sigma'\rfloor_{\text{р}} \qquad (22)$$

и вычислим

$$\sigma'_{P} = \frac{140 \cdot 10^{3}}{200 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 70 \cdot 10^{6}\,Па = 70МПа < 120МПа$$

Значит, соединение прочное.

## Задача № 8

Две полосы из стали Ст3 шириной 200 мм и толщиной 12 мм соединены сварным швом и нагружены силами F (рис. 8).Материал листов – сталь Ст3, для которой $\lfloor\sigma_{p}\rfloor = 160МПа$. Требуется определить допускаемые значения силы для следующих вариантов выполнения шва:

а) ручная сварка электродом Э42;

б) сварка автоматическая под слоем флюса.

Для каждого из указанных вариантов определить процент использования основного материала конструкции.

### Решение

а) Определяем допускаемое напряжение в сварном шве:

б) $[\sigma'] = 0{,}9 \cdot \lfloor\delta_{p}\rfloor = 0{,}9 \cdot 160 = 144МПа$ - по табл. 2;

Из условия прочности $\sigma_{\text{р}} = \frac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma'_{\text{р}}]$ (23)

определяем усилие: $F \ge b \cdot \delta \cdot [\sigma'] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 144 \cdot 10^{6} = 346кН$. (24)

Использовано только 90% основного материала.

б) Определяем допускаемое напряжение в сварном шве:
$[\sigma'] = \lfloor\delta_{p}\rfloor = 160МПа$

определяем усилие: $F \ge A \cdot [\sigma'] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^{6} = 384кН$.

Используется 100% основного материала.

## Задача №9

Определить длины сварных швов, соединяющих уголок с косынкой. Сварка ручная электродом Э42. Катет швов равен толщине полки уголка №10. Материал сталь 35.

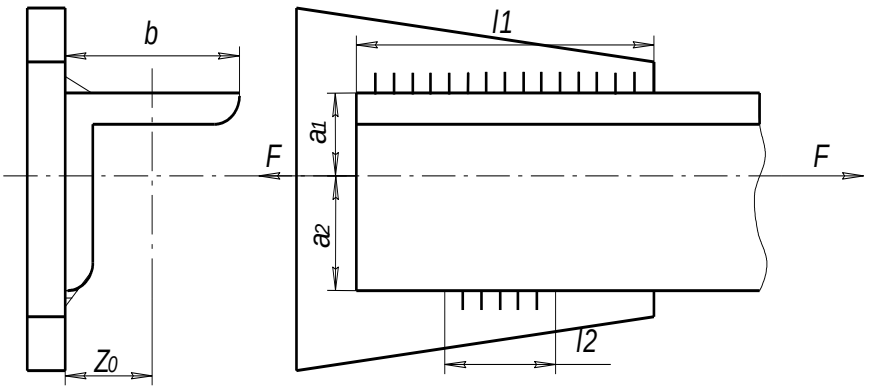



Рис.10. Сварное соединение задаче 9

**Решение**

Определяем допускаемое напряжение в материале:

$$[\sigma_p]=\frac{\sigma_T}{S}=\frac{300}{1{,}5}=200\ МПа\cdot$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2):

$$[\tau'_C]=0{,}6\cdot[\sigma_p]=0{,}6\cdot 200=120 МПа$$

По справочнику [6] для уголка № 10 определяем размеры: ширина полки $b=100мм$; толщина полки $t=10мм$; расстояние от полки до центра тяжести $z_0=28{,}3мм$; площадь $A=1920мм^2$; $a_1=28{,}3мм$; $a_2=b-z_0=100-28{,}3=71{,}7мм$.

Исходя из прочности уголка $\sigma_p=\frac{F}{A}\le[\sigma_p]$,

определяем допускаемую силу $F\le A\cdot[\sigma_p]=1920\cdot10^{-6}\cdot200\cdot10^6=384\cdot10^3 H=384\,кН$.

Составляем условие прочности для сварного шва:

$$\tau=\frac{F}{0{,}7K\cdot l_\Sigma}\le[\tau'_C], \qquad (25)$$

откуда определяем суммарную длину сварного шва ($l_\Sigma$)

$$l_\Sigma\ge\frac{F}{0{,}7k\cdot[\tau'_C]}=\frac{384\cdot10^3}{0{,}7\cdot10^{-2}\cdot120\cdot10^6}=457\cdot10^{-3}\text{м}\cdot$$

Решаем систему уравнений $\frac{l_1}{l_2}=\frac{a_2}{a_1}=\frac{71{,}7}{28{,}3}=2{,}53$; (26)

$$l_1+l_2=l_\Sigma. \qquad (27)$$

Из уравнения (26) $l_1=2{,}53\cdot l_2$;

подставляем в уравнение (27) $2{,}53\cdot l_2+l_2=457$ мм;

далее вычисляем $l_2=\frac{457}{3{,}53}=129$ мм; $l_1=l_\Sigma-l_2=455-129=328$ мм.

Ответ: $l_1=328$ мм; $l_2=129$ мм.

## Задача № 10

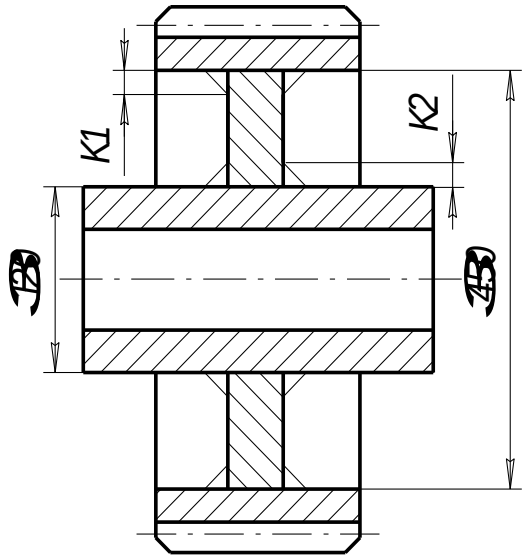
Проверить прочность сварных швов, соединяющих диск с зубчатым ободом и

диск со ступицей диаметром 120 мм. Катеты сварных швов $k_1 = 4$ мм, $k_2 = 6$ мм. Передаваемая мощность $P = 18$ кВт и угловая скорость зубчатого колеса $\omega = 3\ ^{рад}/_{с}$. Диаметры $d_2 = 120$ мм; $D_1 = 450$ мм. Допускаемое напряжение $[\sigma_р] = 200$ МПа.

**Решение**

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2): $[\tau'_с] = 0{,}6 \cdot [\sigma_р] = 0{,}6 \cdot 200 = 120$ МПа.

Определяем крутящий момент, передаваемый зубчатым колесом:




$$T = \frac{P \cdot 10^3}{\varpi} = \frac{18 \cdot 10^3}{3} = 6 кН \cdot м.$$

Условия прочности для двухстороннего сварного шва 1 между диском и зубчатым ободом: $\tau'_1 = \frac{F_1}{0{,}7K_1 \cdot 2\pi D_1} \le [\tau']$, (28)

где $F_1 = \frac{2T}{D_1} = \frac{2 \cdot 6000}{450 \cdot 10^{-3}} = 26{,}7 кН$;

$$\tau'_1 = \frac{26{,}7 \cdot 10^3}{0{,}7 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 450 \cdot 10^{-3}} = 3{,}37 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3{,}37 \text{ МПа};$$

соединение прочное, так как 3,37 МПа <

Рис.11. Сварное зубчатое колесо

Условия прочности для сварного шва 2 между диском и ступицей:

$$\tau'_2 = \frac{F_2}{0{,}7k_2 \cdot 2\pi \cdot d_2} \le [\tau'], \quad (29)$$

где $F_2 = \frac{2 \cdot T}{d_2} = \frac{2 \cdot 6000}{120 \cdot 10^{-3}} = 100$ кН;

$$\tau'_2 = \frac{100 \cdot 10^3}{0{,}7 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 120 \cdot 10^{-3}} = 31{,}6 \text{ МПа}.$$

Напряжение 31,6 МПа<120 МПа, следовательно, соединение прочное.

**Задача № 11**

Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2. Заданы действующее усилие Q = 11 кН; расстояние от сварного шва до точки приложения усилия *a* = 15см, сварные швы выполнены с обеих сторон. Материал свариваемых деталей сталь 35. Вид сварки принять самостоятельно.

## Решение

Определяем допускаемое напряжение в материале:

$$[\sigma_р] = \frac{\sigma_т}{S} = \frac{300}{1{,}5} = 200 \text{ МПа}.$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2):

$$[\tau'_с] = 0{,}6 \cdot [\sigma_р] = 0{,}6 \cdot 200 = 120 \text{ МПа}.$$

Переносим силу *Q*, действующую на уголок 2, к центру сварного шва и уравновешиваем её. Таким образом получаем, что на сварной шов действует сила *Q* и изгибающий момент *M*.

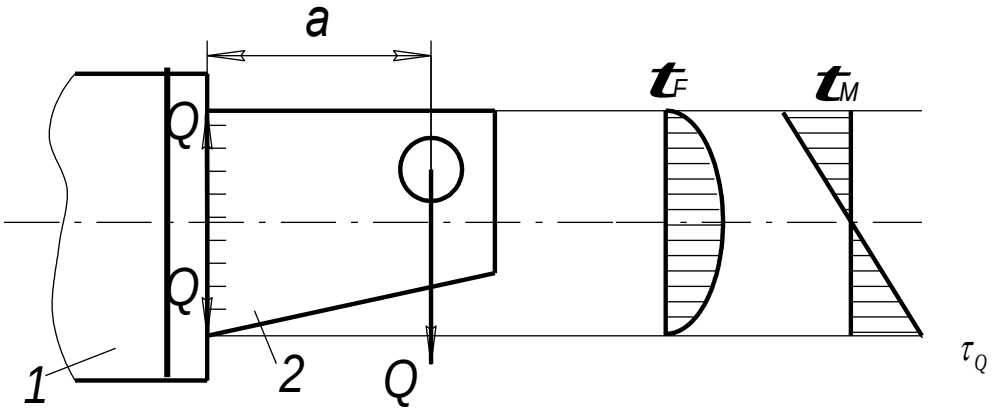



Рис. 12. Сварное соединение листа с уголком и эпюрами напряжений

При нагружении силой и изгибающим моментом прочность соединения определяем по формуле:

$$\tau_{общ} = \tau_Q + \tau_М \le [\tau'], \tag{30}$$

где $\tau_Q$ – касательное напряжение от силы;

$\tau_М$ – касательное напряжение от изгибающего момента.

Поскольку в верхней точке сварного шва $\tau_Q$=0, то

$$\tau_{общ} = \tau_М = \frac{M}{W}. \tag{31}$$

Вычисляем изгибающий момент

$$M = Q \cdot a = 11 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} = 1650 \text{ Н} \cdot \text{м}. \tag{32}$$

Момент сопротивления сечения определяется по формуле:

$$W = \frac{0{,}7kl^2}{6}. \tag{33}$$

Определяем общее касательное напряжение по формуле:

$$\tau_{общ} = \frac{M \cdot 6}{2 \cdot 0{,}7kl^2} = \frac{6 \cdot 1650}{2 \cdot 0{,}7kl^2} \le [\tau']. \tag{34}$$

Пусть катет сварного шва $k$ =3 мм. Тогда определяем длину сварного шва из формулы (34):

$$l \geq \sqrt{\frac{M \cdot 6}{2 \cdot 0{,}7 \cdot k \cdot [\tau']}} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 6}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{+6}}} = 0{,}141\,\text{м} = 141\,\text{мм}.$$

Окончательно $l = 141$ мм.

## 4. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Соединения деталей с помощью болтов, винтов и винтовых стяжек относятся к резьбовым соединениям. Соединения деталей с помощью болтов, винтов и винтовых стяжек относятся к резьбовым соединениям (рис.13).

Резьба – выступы, образованные на основной поверхности винтов и гаек и расположенные по винтовой линии.

По форме основной поверхности различают цилиндрические и конические резьбы.

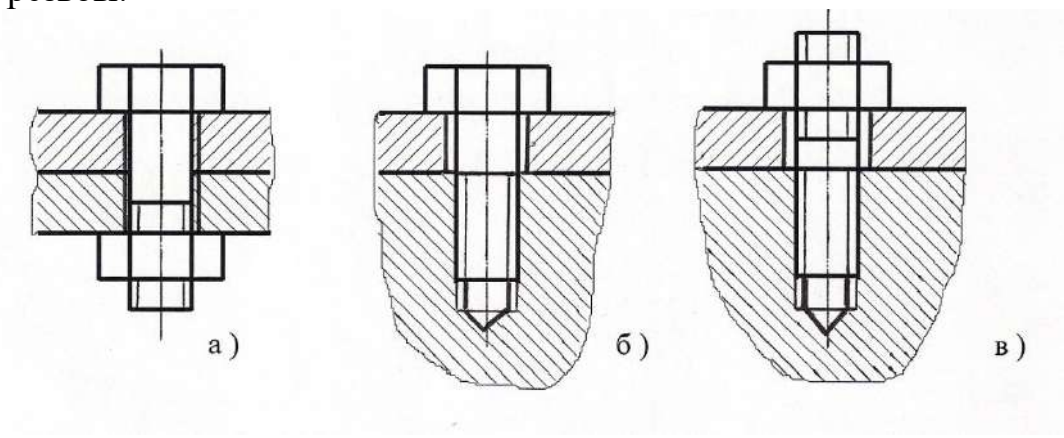



Рис.13. Соединение деталей с помощью болтов (а), винтов (б) и винтовых стяжек (в)

По профилю резьбы – треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, круглые и др. Профиль резьбы – это контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ось основной поверхности.

По направлению винтовой линии различают правую и левую резьбы. У правой резьбы винтовая линия идет слева направо и вверх, а у левой - справа налево и вверх.

По числу заходов различают одно-, двухзаходную и т.д.

**Основные типы резьб:** крепежные и резьбы для винтовых механизмов.

К резьбам крепежным относятся: метрическая с треугольным профилем (рис. 14) – основная резьба, трубная – треугольная со скругленными вершинами и впадинами, а также круглая. Геометрические параметры метрической резьбы стандартизированы (прил. таблица 4).

Виды резьбы винтовых механизмов (ходовые резьбы): прямоугольная, трапецеидальная симметричная, трапецеидальная несимметричная (упорная).

Для изготовления крепежных деталей применяют низко- и средне-углеродистые стали, а для деталей, работающих при переменных и ударных нагрузках, – легированные стали. Наибольшее применение нашли стали: Ст3кп; Ст5; Ст10; Ст10кп. Характеристики этих марок сталей приведены в первой строке табл. 1.

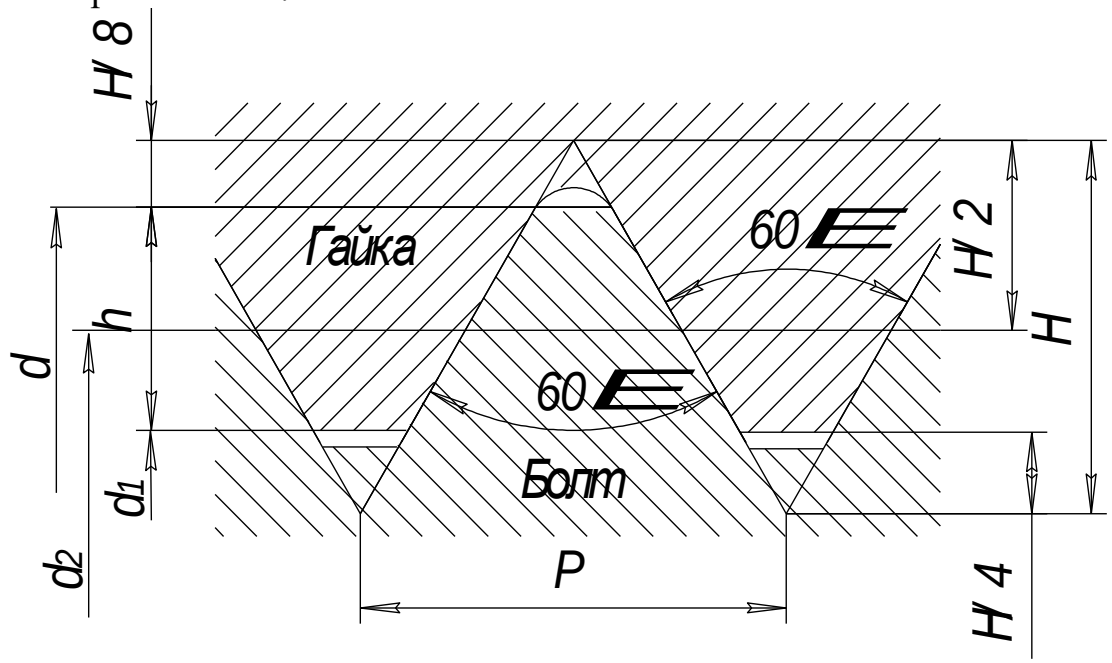



Рис.14. Геометрические параметры метрической резьбы:
$d$ – наружный диаметр; $d_1$ – внутренний диаметр; $d_2$ – средний диаметр;
$h$ – рабочая высота профиля; $P$ – шаг; $\alpha$ – угол профиля.

Геометрические параметры резьбы определяются следующим образом:

$d$ – наружный диаметр;

$d_1$ – внутренний диаметр;

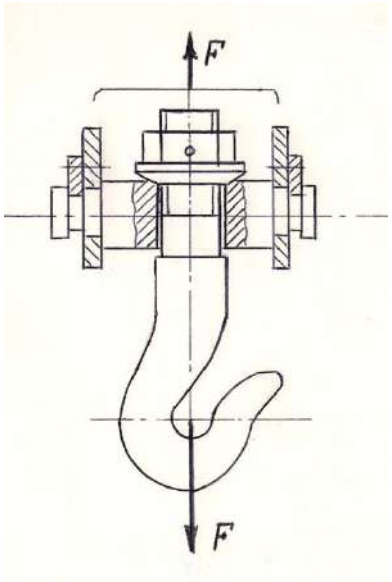
$d_2$ – средний диаметр;

$h$ – рабочая высота профиля;

$P$ – шаг (расстояние между одноименными сторонами соседних профилей, измеренное в направлении оси резьбы);

$\alpha$ – угол профиля.

**Расчет** болтов (винтов) при наиболее распространённых способах нагружения в соединениях.




1) **Растяжение в стержне (без затяжки).**

Пример: участок крюка для подвешивания груза. Стержень болта нагружен только внешней растягивающей силой. Опасным является сечение наименьшей площади диаметром $d_1$. Условие прочности по напряжениям растяжения в стержне:

$$\sigma_{экв} = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^2 / 4} \le [\sigma_р] \qquad (35)$$

где $d_1$ – внутренний диаметр резьбы, $F_з$ – сила затяжки; [$\sigma_р$] –допускаемые напряжения на растяжение см. в табл. 3.

крюк

2) **Болт затянут, внешняя нагрузка отсутствует.**

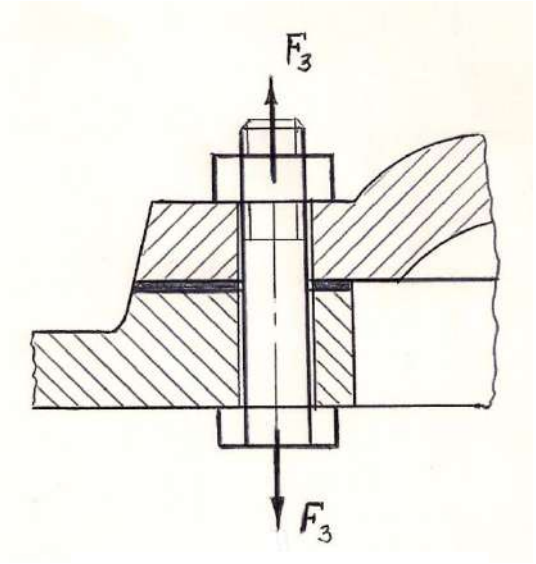



Рис.16. Болт затянут

Стержень болта растягивается и закручивается. Прочность болта определяют по эквивалентному напряжению:

$$\sigma_{экв} = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2} / 4} \le [\sigma_р] \qquad (36)$$

Напряжения растяжения от силы $F_з$ и кручения от пары с моментом $T_р$:

$$\tau = \frac{T_р}{W_р} = 0{,}5 \cdot F_з \cdot d_2 \cdot tg(\psi + \varphi) / 0{,}2 d_1^3, \qquad (37)$$

где ψ- угол подъёма; φ - угол трения в резьбе.

В этом случае прочность болта определяется по эквивалентному напряжению: $\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_р^{\,2} + 3\tau^2} \le [\sigma_р]$. Вычисления показывают, что для стандартных метрических резьб [ 1]:

$$\sigma_{экв} = 1{,}3\sigma_р$$

или

$$\sigma_{экв} = \frac{1{,}3 \cdot F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2} / 4} \le [\sigma_р]. \qquad (38)$$

3) **Болтовое соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке.** Условием надежности соединения является отсутствие сдвига деталей в стыке. Выполняется два варианта установки:

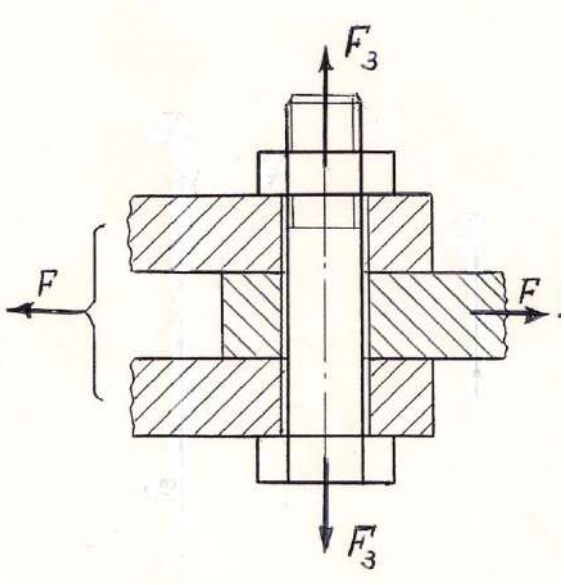



Рис.17. Болтовое соединение с зазором

а) **с зазором,** при этом внешнюю нагрузку $F$ уравновешивают силами трения в стыке, образующимися от затяжки болта. Усилие затяжки определяется

$$F_з = \frac{K \cdot F}{i \cdot f}, \qquad (39)$$

где $f$ = 0,15...0,20 - коэффициент трения в стыке для сухих стальных и чугунных поверхностей; $i$ – число плоскостей стыка деталей (на рис.17 $i$=2); $K$ – коэффициент запаса, принимающий численные значения при статической нагрузке $K$ = 1,3...1,5; при переменной нагрузке $K$ = 1,8...2,0.

Дальнейший расчёт проводится по эквивалентному напряжению (38).

б) **без зазора.** В этом случае должно выполняться два условия прочности. Первое условие – условие прочности при **срезе**

$$\tau = \frac{F}{(\pi \cdot d_1^{\,2}/4) \cdot i \cdot z} \le [\tau_c], \qquad (40)$$

где $i$– число плоскостей среза деталей; $[\tau_c]$ – допускаемое напряжение на срез, вычисляется при статической нагрузке $[\tau_c] = 0{,}4\,\sigma_т$; при переменной нагрузке $[\tau_c] = (0{,}2...0{,}3)\sigma_т$; $z$ –число болтов.

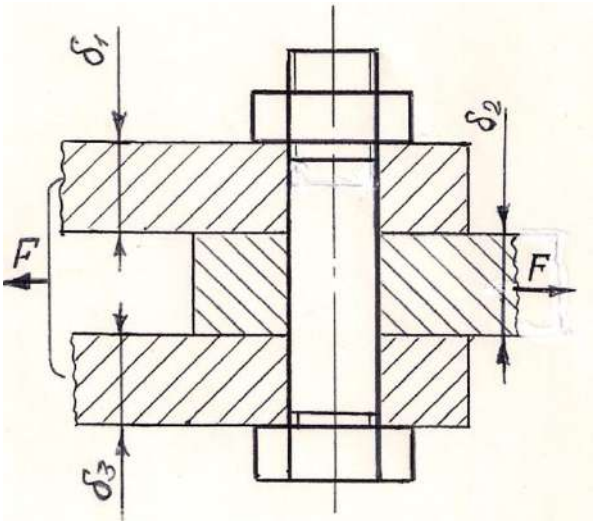



Рис. 18. Болтовое соединение без зазора

Второе условие – условие прочности при **смятии**, которое при соединении трёх деталей записывается двумя уравнениями:
для средней детали:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_2 \cdot d) \cdot n} \le [\sigma_{см}]; \qquad (41)$$

для крайних деталей:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_1 + \delta_3) \cdot d \cdot n} \le [\sigma_{см}], \qquad (42)$$

где $\delta_1$, ,$\delta_3$ – толщина крайних соединяемых деталей, $\delta_2$ –толщина средней детали.

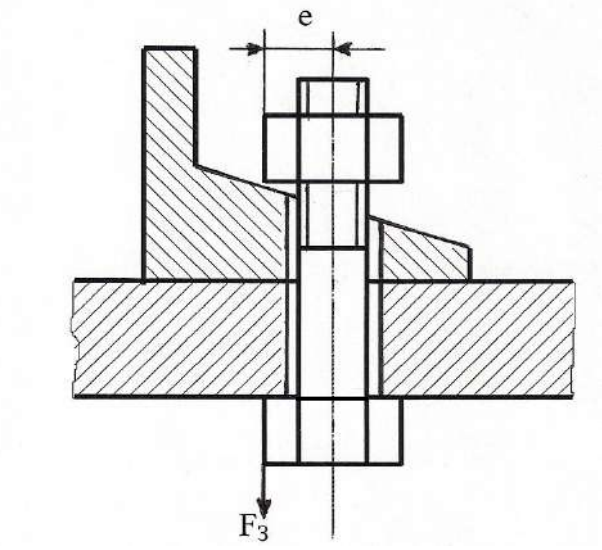



Рис. 19. Эксцентрично нагруженный болт

4) **Эксцентрично нагруженный** болт

В некоторых конструкциях резьбовых соединений болты нагружены также изгибающими их силами. Такое нагружение возникает вследствие перекосов плоскостей болта, гайки, соединяемых деталей, либо в связи с вынужденными конструктивными решениями.

После затяжки **эксцентрично нагруженного** болта кроме напряжений растяжения ($\sigma_р$) возникают также напряжения изгиба ($\sigma_и$) и максимальное эквивалентное напряжение определяют:

$$\sigma_{max} = \sigma_р + \sigma_и = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2}/4} + \frac{F_з \cdot e}{\pi \cdot d_1^{\,3}/32} \le [\sigma_р] \qquad (43)$$

после преобразования формулы получим:

$$\sigma_{max} = \frac{4F_з(d_1 + 8 \cdot e)}{\pi \cdot d_1^{\,3}} \le [\sigma_р] \qquad (44)$$

где $e$ – эксцентриситет, который определяется как расстояние между возникающей парой сил, создающей изгибающий момент. Часто эксцентриситет принимают равным диаметру болта.

Допускаемые напряжения для резьбовых соединений и запасы прочности приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Допускаемые напряжения для резьбовых соединений**

| Вид нагрузки | Рекомендуемые значения |
|---|---|
| Растягивающая внешняя нагрузка: без затяжки болтов | $[\sigma] = 0{,}6 \cdot \sigma_Т$ |
| с затяжкой болтов | $[\sigma] = \sigma_Т / [s]$<br>**Статическая** нагрузка: [*s*] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [*s*] = 0,5…2,5 – контролируемая затяжка.<br>**Переменная** нагрузка: [*s*] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [*s*] = 1,5…2,5 – контролируемая затяжка |
| Поперечная внешняя нагрузка: болт поставлен с зазором | [*s*] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [*s*] = 0,5…2,5 – контролируемая затяжка |
| болт поставлен без зазора | $[\tau] = 0{,}4 \cdot \sigma_Т$ (статическая);<br>$[\tau] = (0{,}2...0{,}3) \cdot \sigma_Т$ - (переменная);<br>$[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot \sigma_Т$ - сталь;<br>$[\sigma_{см}] = (0{,}4...0{,}5) \cdot \sigma_Т$ - чугун |

Таблица 4

**Запасы прочности для резьбовых соединений [s]**

| Материал болта | [*s*] при неконтролируемой затяжке и постоянной нагрузке | | |
|---|---|---|---|
| | М6…М16 | М16…М30 | М30…М60 |
| Углеродистая сталь | 5…4 | 4…2,5 | 2,5…1,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Легированная сталь | 6,5…5 | 5…3,3 | 3,3 |

## Задача 12

Рычаг с грузом массой *m*=60 *кг* крепится на валике посредством клеммового соединения (рис. 20). Определить требуемый диаметр болтов, если коэффициент трения между валиком и ступицей рычага $f = 0{,}15$; число болтов $z = 2$; материал – сталь Ст3; затяжка неконтролируемая.

**Указание.** Момент сил трения должен быть на 20% больше момента от сил тяжести груза. Силы трения условно принять сосредоточенными в верхней и нижней точках контакта валика и ступицы клеммы.

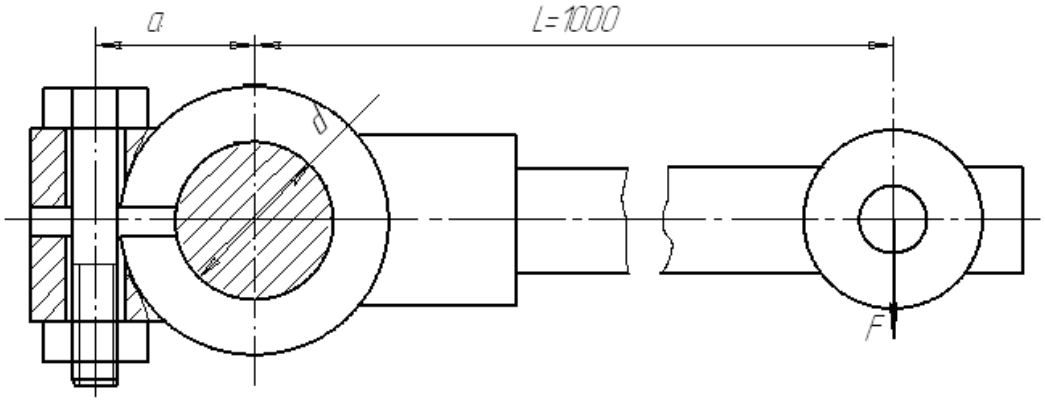



Рис. 20. Клеммовое соединение

## Решение

Внешний момент от действия груза находим из выражения

$$M_{\text{внеш}} = F \cdot L = m \cdot g \cdot L = 60 \cdot 9{,}8 \cdot 1 = 588 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (45)$$

Укажем силы трения в верхней и в нижней точках контакта валика и ступицы клеммы согласно указания к решению задачи (рис. 21). Момент от пары сил трения, возникший между ступицей клеммы и валом, должен уравновесить внешний момент и должен превышать на 20 % внешний момент, то есть

$$M_{\text{внутр}} = F_{\text{тр}} \cdot d = M_{\text{внеш}} \cdot 1{,}2 \quad (46)$$

или подробнее $F_{\text{п}} \cdot f \cdot d = 1{,}2 \cdot M_{\text{внеш}}$,

откуда $$F_{\text{п}} = \frac{1{,}2 M_{\text{внеш}}}{f \cdot d} = \frac{1{,}2 \cdot 588}{0{,}15 \cdot 0{,}06} = 78{,}4 \text{ кН}. \quad (47)$$

Предположим, что половины ступицы клеммы соединены с рычагом шарнирно в точке 0. Из равенства моментов сил $F_{\text{п}}$ и $F_{\text{з}} \cdot z$ (с учётом количества болтов), относительно точки 0 имеем

$$-F_з\left(a+\frac{d}{2}\right)\cdot z+F_n\cdot\frac{d}{2}=0\,. \qquad (48)$$

Откуда сила затяжки одного болта

$$F_з=\frac{F_n\cdot d}{2\left(a+\frac{d}{2}\right)\cdot z}=\frac{F_n\cdot d}{(2\cdot a+d)\cdot z}=\frac{78{,}4\cdot 0{,}06}{(2\cdot 0{,}055+0{,}06)\cdot 2}=13{,}85\,кН$$

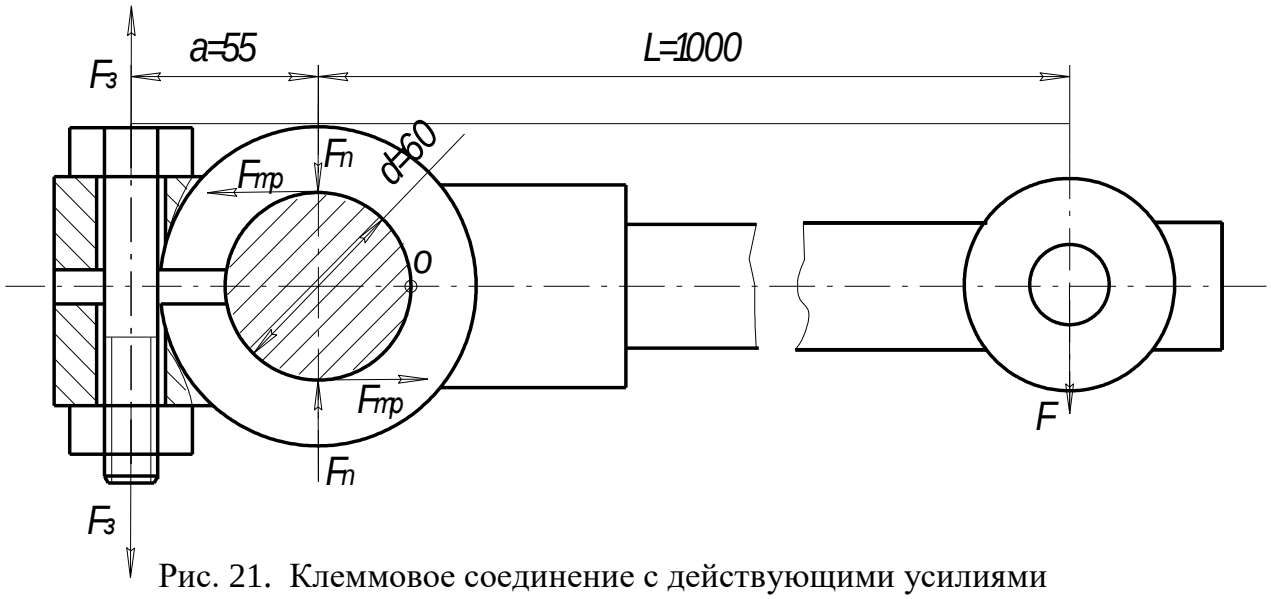



Рис. 21. Клеммовое соединение с действующими усилиями

Запишем условие прочности болта:

$$\sigma_{экв}=\frac{1{,}3\cdot F_з}{\pi\cdot d_1^{\,2}/4}\le[\sigma_p], \qquad (49)$$

Из формулы (13) получаем зависимости для проектного расчета болта:

$$d_1\ge\sqrt{\frac{4\cdot 1{,}3\cdot F_з}{[\sigma_р]\cdot\pi}}\,, \qquad (50)$$

где $d_1$- внутренний диаметр болта, мм; $[\sigma_Р]$- допускаемое напряжение на растяжение болта, МПа; s – запас прочности.

По табл. 3 определяем $[\sigma_p]=\frac{\sigma_T}{s}$.

Принимаем предварительно болт с резьбой М20, поэтому по табл.4 запасов для данного диаметра $s=3$.

Вычисляем $[\sigma_p]=\frac{200}{3}=66{,}7$ МПа;

$$d_1\ge\sqrt{\frac{4\cdot 1{,}3\cdot 13850}{66{,}7\cdot 10^6\cdot 3{,}14}}=18{,}544\cdot 10^{-3}\text{м}=18{,}544\text{ мм}.$$

Выбираем по табл. П. 4 болт М20х1 с параметрами: $d_1$=18,918 мм; шаг р =1 мм; d = 20 мм.

## Задача № 13

Рассчитать болты для крепления барабана лебедки к зубчатому колесу. Усилие в тросе, навиваемом на барабан $Q = 10кН$, материал болта Ст3, $\sigma_т = 200\ МПа$, коэффициент трения $f = 0{,}12$. Количество болтов – z = 6 штук. Дополнительные условия: болты установлены без зазора.

### Решение

Внешний момент находим из выражения

$$M_{внеш} = 1{,}2 \cdot Q \cdot \frac{D_б}{2}; \qquad (51)$$

Внутренний момент находим по формуле

$$M_{внутр} = F_{тр} \cdot \frac{D_ш}{2}. \qquad (52)$$

Поскольку в соединении должно быть равновесие, то $M_{внеш} = M_{внутр}$,

или $F_{тр} \cdot \frac{D_ш}{2} = 1{,}2 \cdot Q \cdot \frac{D_б}{2}$. (53)

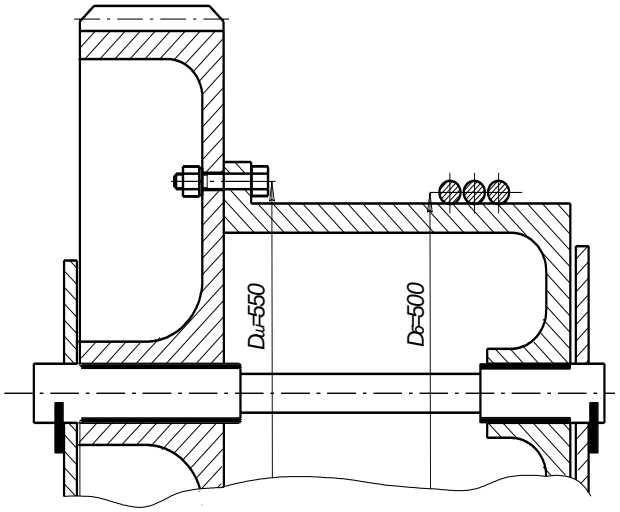


Рис. 22. Соединение зубчатого колеса с барабаном лебёдки

Отсюда вычисляем силу трения

$$F_{тр} = \frac{1{,}2 \cdot Q \cdot D_Б}{D_ш} = \frac{1{,}2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 500}{550} = 10909\ Н.$$

При условии, что болт установлен без зазора, запишем условие прочности болта на срез

$$\tau_{ср} = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4 \cdot n} \le [\tau_{ср}] \qquad (54)$$

Вычислим допускаемое напряжение на срез по табл. 3, примем нагрузку статической

$$[\tau_{ср}] = 0{,}4 \cdot [\sigma_т] = 0{,}4 \cdot 200 = 80\ МПа.$$

Определяем наружный диаметр болта из выражения

$$d \ge \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi \cdot [\tau_{ср}] \cdot z}} = \sqrt{\frac{10909 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 6}} = 5{,}38 \cdot 10^{-3} м = 5{,}38\ мм. \qquad (54)$$

Принимаем по табл. П. 4 болт М6 ($d$=6мм).

Найденному значению $d$ удовлетворяет чистый болт под развертку с диаметром нарезной части М6 и ненарезной – диаметром 7мм.

Запишем условие прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{F}{d \cdot \delta \cdot z} \le [\sigma_{см}]; \qquad (55)$$

$[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot \sigma_т = 0{,}8 \cdot 200 = 160$ МПа (табл. 3).

Далее из выражения (55) определяем минимально необходимую толщину фланцев соединяемых деталей (барабана и колеса):

$$\delta_Б = \delta_К \geq \frac{F}{d \cdot z \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{10909}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 160 \cdot 10^6} = 1{,}62 \cdot 10^{-3} \text{м} \approx 2 \text{ мм}.$$

В результате расчетов принимаем для крепления болты М6 и отмечаем, что минимально необходимая толщина фланцев барабана и колеса 2 мм.

## 5. ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Заклепочные соединения неразъёмные. По конструкции различают соединения внахлёстку и встык, однорядные и многорядные, односрезные и многосрезные. На рис. 23 приведён пример односрезного соединения внахлёст, на рис. 24 – пример двухсрезного соединения встык с двумя накладками.

Заклепочные соединения разделяются на [2, 3]:

1. Прочные соединения, используемые преимущественно в металлических конструкциях машин и строительных сооружениях.
2. Плотно-прочные соединения, используемые в котлах, работающих под давлением.
3. Плотные заклепочные соединения (в котлах низкого давления).

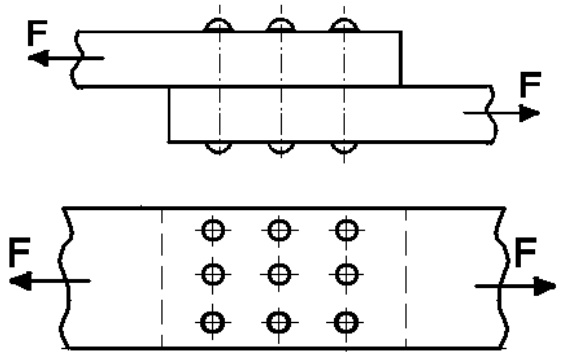



Рис. 23. Заклёпочное соединение внахлёст

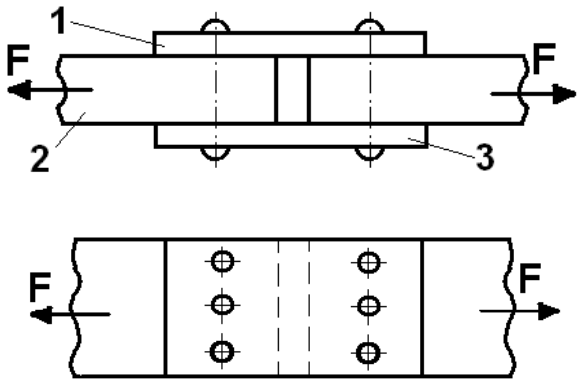



Рис. 24. Заклёпочное соединение встык с двумя накладками

Заклепочные соединения из-за неудобств технологического процесса

клепки (необходимость нагрева заклепок до температуры 800 С) и перерасхода металла на соединение в настоящее время почти полностью вытеснены сваркой. Однако они сохранили применение в тяжелых конструкциях, а также при использовании трудносвариваемых материалов (некоторые термообработанные стали и алюминиевые сплавы).

Для образования заклепочного соединения в обоих листах просверливают или продавливают отверстия. В них закладывается нагретый до красного каления стержень заклепки с одной головкой; другой конец заклепки расклепывается ударами специального молотка для образования замыкающей головки. Мелкие заклепки (малого диаметра — меньше 8 мм) ставятся в холодном состоянии.

Заклёпка – это стержень круглого сечения с заранее изготовленной закладной головкой на одном конце. Различают заклепочные соединения с полукруглой головкой, потайной, полупотайной головками (рис.25). Размеры этих заклёпок указаны в стандартах. Кроме стандартных, применяют специальные заклепки, например трубчатые. Заклёпки изготовляют из стали, меди, латуни, алюминия и др. сплавов. Материал заклёпок выбирают однородным с материалом соединяемых деталей, во избежание электрохимической коррозии и температурного изменения сил в соединении [3].

*а*) *б*) *в*)

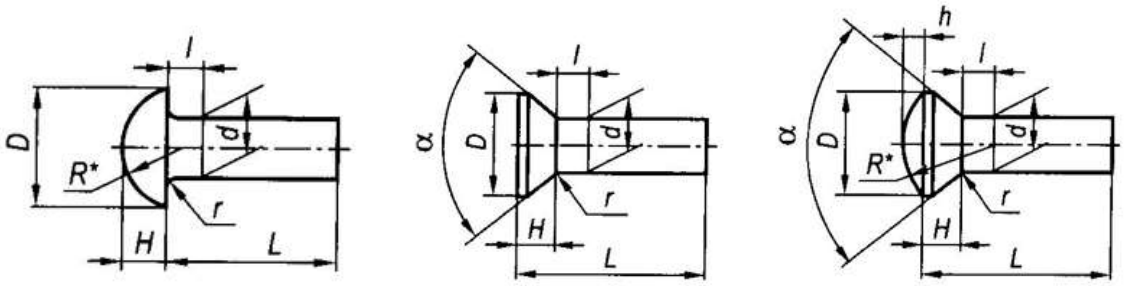



Рис. 25. Распространённые типы заклёпок: а — с полукруглой головкой (ГОСТ 10299-80); б — с потайной головкой (ГОСТ 10300-80); в — с полупотайной головкой (ГОСТ 10301-80)

Условия нагружения заклёпок идентичны условиям нагружения болтов, поставленных без зазора, при этом должно выполняться два условия прочности: при срезе (56) и при смятии (57), (58).

Условие прочности при **срезе**

$$\tau = \frac{F}{(\pi \cdot d_1^{\,2} / 4) \cdot i \cdot n} \le [\tau_c], \qquad (56)$$

где $i$ – число плоскостей среза деталей; $[\tau_c]$ – допускаемое напряжение на

срез.

Второе условие - условие прочности при **смятии**, которое при соединении трёх деталей (рис.24) записывается

для средней детали:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_2 \cdot d) \cdot n} \le [\sigma_{см}] \qquad (57)$$

для крайних деталей:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_1 + \delta_3) \cdot d \cdot n} \le [\sigma_{см}] \qquad (58)$$

где $\delta_1$, ,$\delta_3$ – толщина крайних соединяемых деталей, $\delta_2$ – толщина средней детали.

Допускаемые напряжения для заклёпок (табл. 5) зависят от характера обработки отверстия и характера внешней нагрузки (постоянная или переменная).

Таблица 5

**Допускаемые напряжения для заклёпочных соединений**

| Вид напряжений | Обработка отверстия | Допускаемые напряжения, МПа | |
|---|---|---|---|
| | | Ст0 и Ст2 | Ст3 |
| Срез | Сверление | 140 | 140 |
| | Продавливание | 100 | 100 |
| Смятие | Сверление | 280 | 320 |
| | Продавливание | 240 | 280 |

## Задача № 14

Определить требуемое число заклепок диаметром $d$ = 15 мм для крепления к листу двух равнобоких уголков № 9 с толщиной полки $S$=8 мм, нагруженных статической нагрузкой $F$= 430 кН. Допускаемое напряжение для заклепок на срез при сверлении для Ст3 $[\tau_{ср}]$=140МПа и на смятие $[\sigma_{см}]$=320МПа (табл.5).

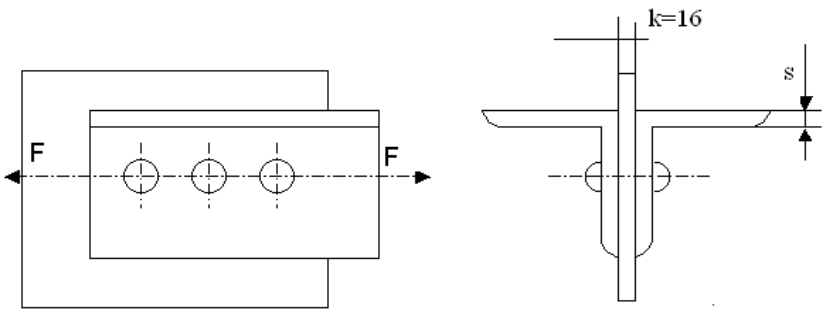



Рис. 26. Заклёпочное соединение к задаче 14

**Решение**

Определяем требуемое число заклепок из расчета на срез, полагая, что нагрузка между заклепками распределена равномерно. Так как соединение выполнено с двумя уголками, то заклепки двухсрезные и количество их может быть определено по формуле

$$n \geq \frac{F}{2\frac{\pi d^2}{4}[\tau]_{ср}} = \frac{430 \cdot 10^3}{2\frac{3{,}14 \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2}{4} 140 \cdot 10^{+6}} = 8{,}69 \qquad (59)$$

Предварительно принимаем число заклёпок $n$=9.

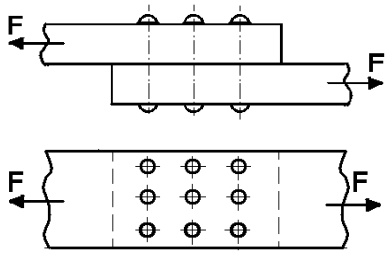
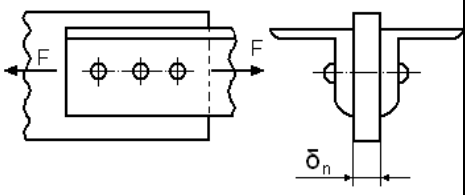
Проверяем напряжение смятия на поверхности между заклепкой и отверстием. Так как суммарная толщина уголков 2δ=2·8=16 мм равна толщине полосы $к$=16 мм (см. рис. 26), то в формуле для определения напряжений смятия подставляем толщину $к$=16 мм:

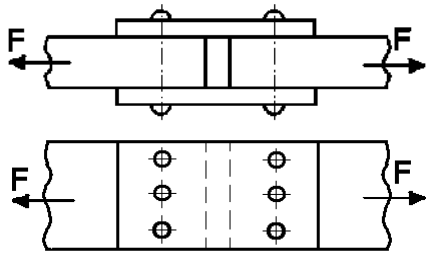
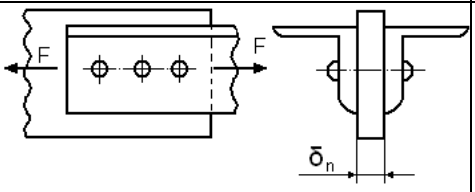
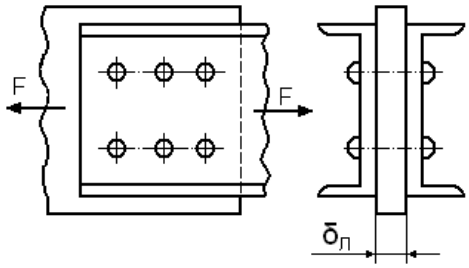
$$\sigma_{см} = \frac{F}{ndk} = \frac{430 \cdot 10^3}{12 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 248{,}8 \cdot 10^{+6}\ \text{Па} = 248{,}8\ \text{МПа}. \qquad (60)$$

Так как $\sigma_{см}$ =248,8 МПа <[ $\sigma_{см}$ ]=320 МПа, следовательно, прочность соединения обеспечена. Окончательно принимаем число заклёпок равным 9.

Таблица 6

Схемы для задач на заклёпочное соединение

| | | |
|---|---|---|
| | Варианты | Две пластины толщиной δ соединены внахлест, сила, приложенная на растяжение, равна F. В наличие имеются заклёпки диаметром *d*, а диаметр отверстия $d_0$ по ГОСТ. Материал заклёпок сталь Ст 2.Определить необходимое число заклёпок. |
| | 1 | |
| | 2 | *F*= 40 кН; *d*= 3 мм; δ= 4 мм; |
| | 3 | *F*= 50 кН; *d*= 4 мм; δ= 8 мм; |
| | | *F*= 60 кН; *d*= 5 мм; δ= 10 мм. |
|  Схема 1 | | Проверить прочность заклёпочного соединения при толщине косынки, равной толщине полосы $\delta_к=\delta$, если приложена сила *F*, число заклёпок n и диаметр сверлений под них равен $d_0$ и $\delta_к=\delta$=3 мм. |
| | 4 | *n*= 12; *F*= 6,0 кН; *d*= 3 мм; |
| | 5 | *n*= 12; *F*= 20 кН; *d*= 4 мм; |
| | 6 | *n*= 14; *F*= 30 кН; *d*= 5 мм. |
| | | Определить требуемый диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок необходимо установить n и растягивающая сила равна *F*. |
| | 7 | *n*= 10; *F*= 80 кН; δ= 6 мм; |
| | 8 | *n*= 12; *F*= 60 кН; δ= 8 мм; |
| | 9 | *n*= 10; *F*= 90 кН; δ= 10 мм. |
|  Схема 2 | | Проверить, является ли заданное заклёпочное соединение равнопрочным прикрепляемым равнобочным уголкам. В наличие имеются заклёпки диаметром *d*= 10 мм, в количестве n. Материал заклёпок сталь Ст 2. Толщина полосы $\delta_n$; уголок площадью А и размерами, $b\times b\times d_y$, мм. |
| | 10 | n= 25; $\delta_n$ = 16 мм; А= 12,3 см$^2$; 80×80×8 |
| | 11 | n= 25; $\delta_n$ = 14 мм; А= 15,6 см$^2$; 90×90×9 |
| | 12 | n= 30; $\delta_n$ = 20 мм; А= 19,2 см$^2$; 100×100×10 |

| | | |
|---|---|---|
|  Схема 3 | Варианты<br>13<br>14<br>15 | Проверить прочность заклёпок в соединении двух пластин толщиной *d*/2 каждая. Растягивающая сила *F*. Число заклёпок *n*. Толщина накладок *d*/4.<br>*F*= 110 кН; *n*= 12; *d*= 14 мм;<br>*F*= 180 кН; *n*= 40; *d*= 8 мм;<br>*F*= 130 кН; *n*= 20; *d*= 12 мм. |
| | 16<br>17<br>18 | Определить, какое усилие может воспринимать заклёпочное соединение при креплении двух пластин толщиной *d*/2. Толщина накладок *d*/4. Число заклёпок *n*.<br>*d*= 4 мм; *n*= 6;<br>*d*= 5 мм; *n*= 8;<br>*d*= 6 мм; *n*= 10. |
|  Схема 2 | 19<br>20<br>21 | Определить требуемый диаметр заклёпок из материала Ст2, если известно, что этих заклёпок необходимо установить n и растягивающая сила равна *F*, уголок площадью *A* и размерами, $b\times b\times d_y$, мм.<br>*n*= 8; $\delta_n$ = 12 мм; *A*= 12,3 см$^2$ ; 80×80×8<br>*n*= 10; $\delta_n$ = 16 мм; *A*= 15,6 см$^2$ ; 90×90×9<br>*n*= 20; $\delta_n$ = 18 мм; *A*= 19,2 см$^2$; 100×100×10 |
|  Схема 4 | 22<br>23<br>24 | Определить диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок *n* и растягивающая сила равна *F*. Установлено два швеллера №14а, толщиной 9,5 мм.<br>*n*= 8 ; $\delta_л$ = 12 мм; *F*= 100 кН;<br>*n*= 10; $\delta_л$ = 16 мм; *F*= 80 кН;<br>*n*= 20; $\delta_л$ = 20 мм; *F*= 130 кН. |

Продолжение таблицы 6

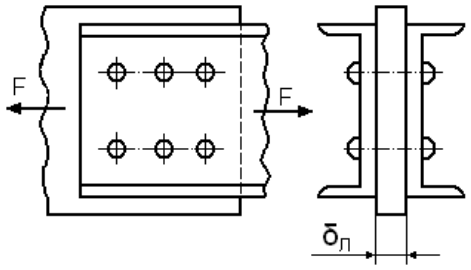
<table>
<tr>
<td rowspan="2"> 

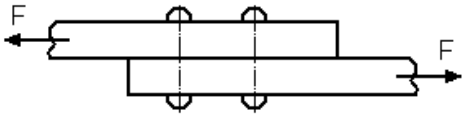
Схема 4</td>
<td>Вар<br><br><br><br>25<br>26<br>27</td>
<td>Проверить прочность заклёпок в соединении для заданного швеллера толщиной $d_ш$ с листом толщиной $\delta_л$.растягивающая сила равна $F$ . Число заклёпок $n$. $D_ш$=10 мм.<br>$n$= 8; $d$= 8 мм; $\delta_л$= 12 мм; $F$= 100 кН;<br>$n$= 10; $d$= 10 мм; $\delta_л$= 16 мм; $F$= 200 кН;<br>$n$= 20; $d$= 12 мм; $\delta_л$= 20 мм; $F$= 300 кН.</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="3"> 

Схема 5</td>
<td>28<br>29<br>30</td>
<td>Определить, какое усилие может воспринимать заклёпочное соединение при креплении двух пластин равной толщины $d$/2, где $d$ – диаметр заклёпки из стали Ст2. Число заклёпок $n$.<br>$n$= 16; $d$= 4 мм;<br>$n$= 20; $d$= 5 мм;<br>$n$= 24; $d$= 6 мм.</td>
</tr>
<tr>
<td>31<br>32<br>33</td>
<td>Определить диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок $n$ и растягивающая сила равна $F$. у двух пластин . Число заклёпок $n$.<br>$n$= 16; $d$= 6мм; $F$= 120 кН;<br>$n$= 20; $d$= 8 мм; $F$= 160 кН;<br>$n$= 24; $d$= 10 мм. $F$= 200 кН.</td>
</tr>
<tr>
<td>34<br>35<br>36</td>
<td>Проверить прочность заклёпочного соединения при толщине косынки, равной толщине полосы, если приложена сила $F$, число заклёпок $n$ и диаметр сверлений под них равен $d_0$, $\delta_к$=$\delta$=6 мм.<br>$n$= 20; $F$= 10 кН; $d$= 10 мм;<br>$n$= 25; $F$= 20 кН; $d$= 12 мм;<br>$n$= 30; $F$= 30 кН; $d$= 14 мм.</td>
</tr>
</table>

# 6. ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

При выполнении задания необходимо определить крутящие моменты, действующие на валах, допускаемое контактное напряжение и выполнить расчёт геометрических параметров цилиндрической или конической прямозубой передачи. Вычертить в масштабе зубчатое колесо.

## Задача № 14

Рассчитать геометрические параметры прямозубой зубчатой передачи. Необходимые данные для расчета: № схемы зубчатого механизма, мощность на выходном валу ($P_2$), кВт, частота вращения входного вала ($n_2$), об/мин, передаточное число зубчатой передачи ($u$), предел прочности для стали, из которой изготовлены зубчатые колёса ($\sigma_В$), МПа – приведены в табл. 7.

Таблица 7

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| N схемы | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Мощность $P_2$ , кВт | 9,0 | 2,0 | 12 | 2,5 | 20 | 3,0 | 28 | 4,5 | 6,0 | 1,7 |
| Передаточное число | 3,55 | 5 | 4,5 | 4 | 4,5 | 5 | 8 | 5 | 4,5 | 5 |
| Частота вала $n_1$, об/мин | 975 | 955 | 975 | 730 | 975 | 955 | 1470 | 965 | 970 | 950 |
| Предел прочности $\sigma_В$, МПа | 700 | 650 | 600 | 700 | 650 | 600 | 700 | 650 | 600 | 700 |

## Решение задачи

Данные для расчета: схема зубчатого механизма – редуктор цилиндрический (1), мощность на выходном валу, $P_2$ =24кВт, частота вращения выходного вала, $n_2$ = 960 об/мин, передаточное число передачи – 4. Предел прочности материала $\sigma_В$ =700 МПа.

### 6.1. Расчёт цилиндрической зубчатой передачи

Определяем крутящий момент на выходном валу

$$T = \frac{P}{\omega_2} = \frac{24 \cdot 10^3}{25{,}1} = 956 \text{ Н} \cdot \text{м}, \qquad (61)$$

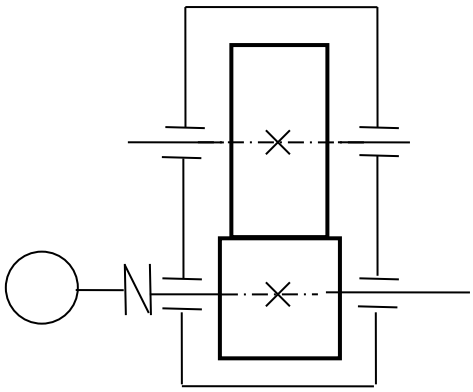


Схема 1. Редуктор цилиндрический

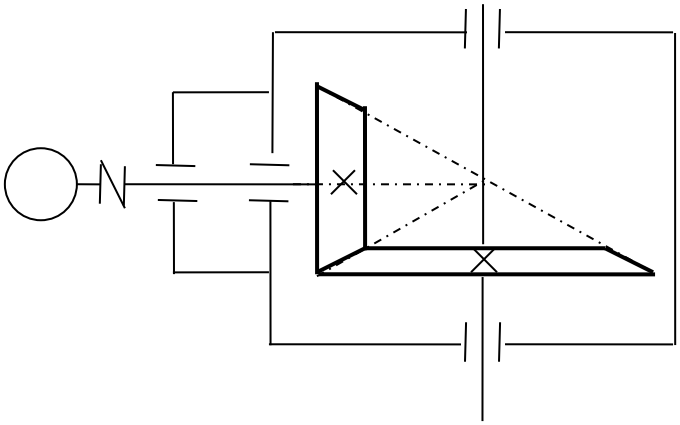


Схема 2. Редуктор конический

Рис. 26. Схемы заданий для расчёта передач:
схема 1 – редуктор цилиндрический;
схема 2 – редуктор конический

где $T$ – крутящий момент на валу, Н·м; $P$ – передаваемая на вал мощность, Вт; $\omega_2$ – угловая скорость выходного вала, рад/с, которая связана с частотой вращения выходного вала $n_2$, об/мин, соотношением

$$\omega_2 = \frac{2\pi \cdot n_2}{60} = \frac{2\pi \cdot 240}{60} = 25{,}1 \text{ рад/с}, \quad (62)$$

$$u = \frac{n_1}{n_2} \text{ откуда } n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{960}{4} = 240 \text{ об/мин}.$$

Рассчитываем допускаемое контактное напряжение в зубчатом зацеплении колеса. Ориентировочно твердость материала по Бринеллю связана с пределом его прочности соотношением

$$HB = 0{,}285 \cdot \sigma_{\text{В}} = 0{,}285 \cdot 700 = 199{,}5 \text{ МПа}\ , \qquad (63)$$

где *HB* – означает твердость материала в единицах Бринелля; $\sigma_{\text{В}}$ – предел прочности материала колеса, МПа, заданный в табл. 7.

Предел контактной выносливости зубчатого зацепления при базовом числе циклов для колес, выполненных из углеродистых сталей с твердостью поверхности зубьев *HB*<350, вычисляем по приближенной формуле

$$\sigma_{\text{H lim}} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 199{,}5 + 70 = 469 \text{ МПа}\ , \qquad (64)$$

где $\sigma_{\text{H lim}}$ – предел контактной выносливости зубчатого зацепления при базовом числе циклов, МПа.

Допускаемые контактные напряжения при расчете на выносливость зубчатого зацепления рассчитываем по формуле

$$[\sigma_{\text{Н}}] = \frac{K_{\text{HL}}}{S_{\text{Н}}} \cdot \sigma_{\text{H lim}} = \frac{1}{1{,}15} \cdot 469 = 408 \text{ МПа}\ , \qquad (65)$$

где $[\sigma_{\text{н}}]$ – допускаемое контактное напряжение, МПа; $K_{HL}$ – коэффициент долговечности; $S_H$ – коэффициент безопасности. При числе циклов нагружения больше базового, что имеет место при длительной эксплуатации, принимают $K_{\text{HL}}$=1, $S_{\text{Н}}$=1,15.

Приближенная оценка межосевого расстояния зубчатой передачи может быть получена из стандартной формулы для $a_{\text{w}}$ путем усреднения входящих в неё коэффициентов по материалам средней прочности:

$$a_{\omega} = K_a \cdot (u+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{\text{Н}\beta}}{\psi_{ba} \cdot u^2 \cdot [\sigma_{\text{Н}}]^2}} = 495 \cdot (4+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{956 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 4^2 \cdot 408^2}} = 246{,}4 \text{ мм}, \qquad (66)$$

где $a_w$ – межосевое расстояние передачи, мм; $u$ – передаточное число; $K_a$ – размерный коэффициент, для прямозубой передачи, $K_a$=495 МПа; $T_2$ – крутящий момент на выходном валу, Н·м; $K_{\text{Н}\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса, выбирается в зависимости от конструктивной схемы узла, при симметричном расположении колеса относительно опор $K_{\text{Н}\beta}$=1,0÷1,15; $[\sigma_{\text{н}}]$ – допускаемое контактное напряжение в зубчатом зацеплении колеса, МПа; $\psi_{ba}$ – коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния, выбирается самостоятельно из ряда

$\psi_{ba}$=0,25; 0,315; 0,4; 0,5.

Полученный в миллиметрах результат $a_{\text{w}}$ округляем до ближайшего стандартного значения из ряда (ГОСТ 2185-66), приведённого в табл. 8 и принимаем $a_{\text{w}}$ =250 мм.

Таблица 8

Одноступенчатые редукторы, $a_{\text{w}}$, мм

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ряд | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 ряд | – | – | – | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 | 710 |

Значение **модуля** рекомендуется принимать в пределах

$$m = (0{,}01 \div 0{,}02)\, a_w = 0{,}01 \cdot 250 \div 0{,}02 \cdot 250 = 2{,}5 \div 5{,}0 \text{ мм}. \quad (67)$$

Полученное значение модуля $m$ округляется до стандартного (табл. 9), причём численные значения предпочтительнее выбирать из первого ряда. Для силовых передач рекомендуется принимать модуль $m \geq 1{,}5$ мм. Принимаем модуль 5 мм.

Затем определяют **суммарное число зубьев** $z_c = z_1 + z_2$ для прямозубых передач по формуле

$$z_c = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 \cdot 250}{5} = 100. \quad (68)$$

| m, мм | 1 ряд | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 ряд | 1,75 | 2,25 | 2,75 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 7 | 9 | 11 |

Таблица 9

Значения модулей ***m*** по ГОСТ 9563-60

Чтобы избежать нарезания колес со смещением, значения модуля выбирают таким, чтобы $z_c$ в формуле (69) было целым числом и $z_1 \geq z_{min}$. Минимальное число зубьев для прямозубых колес составляет: $z_{rnin} = 14 \ldots 17$.

**Число зубьев шестерни** определяется по формуле

$$z_1 = \frac{z_c}{u+1} = \frac{100}{4+1} = 20. \quad (69)$$

**Число зубьев колеса**

$$z_2 = z_c - z_1 = 100 - 20 = 80. \quad (70)$$

После определения $z_1$ и $z_2$ уточняют передаточное число ***u*** .

**Фактическое передаточное число**

$$u_ф = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{20} = 4. \quad (71)$$

**Отклонение** от заданного числа ***u***

$$\Delta u = \frac{u_ф - u}{u} \cdot 100 = \frac{4-4}{4} \cdot 100 = 0\ \%. \quad (72)$$

Допускается отклонение передаточного отношения для одноступенчатой зубчатой передачи $\Delta u$ не более 3 %.

Рабочая ширина венца зубчатого колеса определяется по формуле:

$$b_w = \psi_{ba} \cdot a_w = 0{,}4 \cdot 250 = 100 \text{ мм}. \quad (73)$$

Полученное значение $b_w$ округляется до ближайшего стандартного по ГОСТ 6636-69 ряд $R_a$ 40 (табл. 10), $b_w$ =100 мм. Ширина шестерни $b_1$ для компенсации неточностей сборки часто выполняется несколько больше, примерно на 5…10 мм ширины колеса: $b_1$ = 100 + 5…10 = 105…110 мм. Принимаем по ГОСТ 6636-69 ряд $R_a$ 40 (табл.10) $b_1$ = 110мм.

Таблица 10

Нормальные линейные размеры, мм (ГОСТ 6636-69)

| Ra40 | | | | | | Дополнительные размеры | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,3 | 6,7 | 7,1 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 6,5 | 7,0 | 7,3 | 7,8 | 8,2 | 8,8 |
| 9,0 | 9,5 | 10 | 10,5 | 11 | 11,5 | 9,2 | 9,8 | 10,2 | 10,8 | 11,2 | 11,8 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,5 | 16,5 | 17,5 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | 18,5 | 19,5 | 20,5 | 21,5 | 23 | 27 |
| 25 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 39 |
| 36 | 38 | 40 | 42 | 45 | 48 | 41 | 44 | 46 | 49 | 52 | 55 |
| 50 | 53 | 56 | 60 | 63 | 67 | 58 | 62 | 65 | 70 | 73 | 78 |
| 71 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 82 | 88 | 92 | 98 | 102 | 108 |
| 100 | 105 | 110 | 120 | 125 | 130 | 112 | 115 | 118 | 135 | 145 | 155 |
| 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 165 | 175 | 185 | 205 | 215 | 230 |
| 200 | 210 | 220 | 240 | 250 | 260 | 270 | 290 | 300 | 315 | 330 | 350 |
| 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 370 | 390 | | | | |

**Примечание:** далее размеры можно определить, если приведённые в таблице числа умножать на десять.

**Диаметры начальных ($d_w$ ), делительных ($d$ )** окружностей, окружностей вершин зубьев ($d_a$ ) и впадин ($d_f$ ) для зубчатых колёс, нарезанных без смещения, вычисляются по формулам, приведённым ниже (точность вычисления делительных диаметров колес до 0,01 мм) и вычисленные значения помещены в табл. 11:

Таблица 11

Геометрические параметры зубчатых колес

| Параметр | Обозначение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Межосевое расстояние | $a_w$ | 250 |
| Ширина колеса | $b_w$ | 100 |
| Ширина шестерни | $b_{w1}$ | 110 |
| Модуль | $m$ | 5 |
| Число зубьев шестерни | $Z_1$ | 20 |
| Число зубьев колеса | $Z_2$ | 80 |
| Делительный диаметр:<br>- шестерни | $d_{w1}$ | 100 |

| | | |
|---|---|---|
| - колеса | $d_{w2}$ | 400 |
| Диаметр выступов:<br>- шестерни<br>- колеса | <br>$d_{a1}$<br>$d_{a2}$ | <br>110<br>410 |
| Диаметр впадин:<br>- шестерни<br>- колеса | <br>$d_{f1}$<br>$d_{f2}$ | <br>87,5<br>387,5 |

начальный шестерни $d_{w1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 20 = 100$ мм; (74)

начальный колеса $d_{w2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 80 = 400$ мм;

делительный шестерни $d_1 = m \cdot z_1 = 5 \cdot 20 = 100$ мм;

делительный колеса $d_2 = m \cdot z_2 = 5 \cdot 80 = 400$ мм;

вершин зубьев шестерни $d_{a1} = m \cdot z_1 + 2m = 5 \cdot 20 + 2 \cdot 5 = 110$ мм;

вершин зубьев колеса $d_{a2} = m \cdot z_2 + 2m = 5 \cdot 80 + 2 \cdot 5 = 410$ мм;

впадин зубьев шестерни $d_{f1} = m \cdot z_1 - 2{,}5 \cdot m = 5 \cdot 20 - 2{,}5 \cdot 5 = 87{,}5$ мм;

впадин зубьев колеса $d_{f2} = m \cdot z_2 - 2{,}5 \cdot m = 5 \cdot 80 - 2{,}5 \cdot 5 = 387{,}5$ мм.

## 6.2. Расчёт конической передачи

Расчёт крутящего момента и допускаемого контактного напряжения выполняется аналогично, как и для цилиндрической передачи (см. п. 6.1).

Определяем главный параметр – **внешний делительный диаметр** колеса $d_{e2}$, мм [5]:

$$d_{e2} \geq 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{u \cdot T_2 \cdot K_{H\beta}}{\vartheta_H \cdot [\sigma_H]^2}}, \quad (75)$$

где $T_2$ – крутящий момент на колесе, Н·м**;** $[\sigma_H]$ – допускаемое контактное напряжение, вычисляемое по формуле (65), МПа; $u$ – передаточное отношение; $K_{H\beta}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца (для прирабатывающихся колес с прямыми зубьями $K_{H\beta}$ =1, с круговыми зубьями $K_{H\beta}$ =1,1); $\vartheta_H$ – коэффициент вида конических колес (для прямозубых колес $\vartheta_H$=1, для колес с круговыми зубьями $\vartheta_H$=1,85 – при твердости колеса и шестерни ≤350 НВ**;** $\vartheta_H$=1,5 твердости колеса ≤350 НВ и шестерни ≥45 HRC).

Полученное значение внешнего делительного диаметра колеса $d_{e2}$ для нестандартных передач округляем до ближайшего значения из ряда нормальных линейных размеров *Ra* 40 (табл. 10).

**Внешнее конусное расстояние** ($R$e) определяется по формуле

$$R_e = d_{e2}/2\sin\delta_2, \text{ мм.} \quad (76)$$

Значение $R_e$ вычислять до сотых, до целого числа не округлять.

**Углы делительных конусов** шестерни $\delta_1$ и колеса $\delta_2$ вычисляются по формулам

$$\delta_2=\text{arctg } u; \quad \delta_1=90 - \delta_2. \tag{77}$$

Точность вычислений до четвёртого знака после запятой [2].

Определяем **ширину** зубчатого венца шестерни и колеса $b$, мм:

$$b=\psi_R R_e, \tag{78}$$

где $\psi_R$ =0,285 – коэффициент ширины венца. Значение $b$ необходимо округлять до целого числа по ряду *Ra* 40 (см. табл.10).

**Внешний окружной модуль** $m_e$ – для прямозубых колес, $m_{te}$ – для колес с круговыми зубьями вычисляем по формуле

$$m_e(m_{te})=14T_2\cdot10^3/ (\vartheta_F\, d_{e2} b[\sigma_F]\, K_{F\beta}), \text{ мм}, \tag{79}$$

где $[\sigma_F]$ – допускаемое напряжение изгиба, МПа; $d_{e2}$ – внешний делительный диаметр колеса, мм [5]; $K_{F\beta}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца. Для прирабатывающихся колес с прямыми зубьями $K_{F\beta}$ =1, с круговыми зубьями $K_{F\beta}$ =1,08; $\vartheta_F$ – коэффициент вида конических колес. Для прямозубых колес $\vartheta_F$ =0,85; для колес с круговыми зубьями $\vartheta_F$ =1.

Допускаемые напряжения изгиба при расчете на выносливость определяем по формуле

$$[\sigma_F]=(\sigma_{F\lim}/S_F)\cdot K_{FC}\cdot K_{FL}, \tag{80}$$

где $\sigma_{F\lim}$ – базовый предел выносливости зубьев по излому от напряжений изгиба, $\sigma_{F\lim}=HB+260$ МПа; $S_F$ – коэффициент безопасности (при нормализации и улучшении материалов $S_F$ =1,75); $K_{FC}$ – коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки ($K_{FC}$ =1, так как в соответствии с заданием, на зубья действует односторонняя нагрузка); $K_{FL}$ – коэффициент долговечности (предельные значения $K_{FL}$ ограничиваются $1\le K_{FL}\le 2$)[2].

Значение модуля, полученное с точностью до двух знаков после запятой, до стандартной величины не округлять. **В силовых конических передачах принимать $m_e(m_{te})\ge$1,5 мм.**

**Числа зубьев** колеса $z_2$, и шестерни $z_1$ определяем по формулам

$$z_2=d_{e2}/m_e(m_{te}); \tag{81}$$

$$z_1=z_2/u. \tag{82}$$

Полученные значения $z_1$ и $z_2$ округляем в ближайшую сторону до целого числа. Из условия уменьшения шума и отсутствия подрезания зубьев рекомендуется принять $z_1\ge$18 – для прямозубых колес.

После вычисления чисел зубьев $z_1$ и $z_2$ уточняем фактическое передаточное число $u_ф$:

$$u_ф=z_2/z_1, \tag{83}$$

и проверяем его **отклонение** $\Delta u$ от заданного передаточного числа $u$:

$$\Delta u=\left| u_ф - u\right|/u\cdot100\%\le4\%. \tag{84}$$

При невыполнении нормы отклонения передаточного числа Δu следует пересчитать $z_1$ и $z_2$ .

Определяются **действительные углы** делительных конусов шестерни $\delta_1$ и колеса $\delta_2$:

$$\delta_2=\text{arctg}u_ф; \quad (85)$$

$$\delta_1=90 - \delta_2. \quad (86)$$

Для конических передач с разностью средних твердостей шестерни и колеса $HB_{1ср} - HB_{2ср} \le 100$ выбрать по табл. 12 **коэффициент смещения** инструмента $x_{e1}$ для прямозубой шестерни и $x_{n1}$ для шестерни с круговым зубом. Коэффициенты смещения колес соответственно определяются $x_{e2}=-x_{e1}$ и $x_{n2}=-x_{n1}$. Если $HB_{1ср} - HB_{2ср} > 100$, то $x_1 = x_2 = 0$.

Для передач, у которых $z_1$ и u отличаются от указанных в табл. 12, коэффициенты $x_{e1}$ и $x_{n1}$ принимают с округлением в большую сторону.

Таблица 12

Коэффициенты смещения $x_{e1}$ и $x_{n1}$ для шестерён конических передач

| $z_1$ | $x_{e1}$ при передаточном числе $u$ | | | | | $x_{n1}$ при передаточном числе $u$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,0 | 2,5 | 3,15 | 4,0 | 5,0 | 2,0 | 2,5 | 3,15 | 4,0 | 5,0 |
| 12 | – | 0,50 | 0,53 | 0,56 | 0,57 | 0,32 | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,42 |
| 13 | 0,44 | 0,48 | 0,52 | 0,54 | 0,55 | 0,30 | 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,40 |
| 14 | 0,42 | 0,47 | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,29 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,38 |
| 15 | 0,40 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 0,51 | 0,27 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,36 |
| 16 | 0,38 | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,49 | 0,26 | 0,30 | 0,32 | 0,34 | 0,35 |
| 18 | 0,36 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,46 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,32 |
| 20 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,42 | 0,43 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,29 |
| 25 | 0,29 | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,39 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,25 |
| 30 | 0,25 | 0,28 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,22 | 0,22 |
| 40 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,11 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,17 |

- **Внешние диаметры шестерни и колеса** вычисляются по формулам, приведённым ниже (точность вычисления рекомендуется для делительных диаметров колес до 0,01 мм):

делительный шестерни $d_{e1}=m_e z_1$; (87)

делительный колеса $d_{e2}=m_e z_2$;

вершин зубьев шестерни $d_{ae1}=d_{e1} + 2(1 + x_{e1})m_e \cos \delta_1$;

вершин зубьев колеса $d_{ae2}=d_{e2} + 2(1 - x_{e1})m_e \cos \delta_2$;

впадин зубьев шестерни $d_{fe2}=d_{e1} - 2(1,2 - x_{e1})m_e \cos \delta_1$;

впадин зубьев колеса $d_{fe2}=d_{e2} - 2(1,2 + x_{e1})m_e \cos \delta_2$.

- **Средние делительные** диаметры шестерни $d_1$ и колеса $d_2$ определяются по формулам:

$$d_{m1} \approx 0.857 d_{e1}; \quad (88)$$

$$d_{m2} \approx 0.857 d_{e2}. \quad (89)$$

Значения $d_1$ и $d_2$ до целого числа не округлять, записать до сотых долей мм.

## 7. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Форма зубчатого колеса может быть плоской или со ступицей, выступающей с одной стороны. Значительно реже (в одноступенчатых редукторах) колеса делают со ступицей, выступающей в обе стороны [6].

При небольших диаметрах колес их изготовляют из прутка, а при больших получают заготовки свободной ковкой с последующей токарной обработкой. Конструкция колеса показана на рис. 25.

Ширину ступицы $l_{СТ}$ колеса желательно принимать равной или больше ширины $b_2$ зубчатого венца ($l_{СТ} \geq b_2$). Принятую длину ступицы согласуют с расчетной и с диаметром посадочного отверстия $d$: $l_{СТ} = (0{,}8...1{,}5)d$, обычно $l_{СТ} = (1{,}0...1{,}2)d$.

Диаметр $d_{СТ}$ назначают в зависимости от материала ступицы: для стали - $d_{СТ} = (1{,}5...1{,}55)d$; для чугуна – $d_{СТ} = (1{,}55...1{,}6)d$; для легких сплавов – $d_{СТ} = (1{,}6...1{,}7)d$. Меньшие значения используют для шлицевого соединения колеса с валом, большие – для шпоночного соединения и соединения с натягом.

Толщину обода колеса $S$ принимают:

$$S = 2{,}2m + 0{,}05b_2, \quad (90)$$

где $m$ – модуль зацепления, мм.

На торцах зубчатого венца (зубьях и кромках обода) выполняют фаски, величину которых находят по соотношению

$$f = (0{,}5...0{,}6)m \quad (91)$$

с округлением до стандартного значения.

На прямозубых зубчатых колесах фаску выполняют под углом $\alpha_Ф = 45°$, на косозубых колесах при твердости рабочих поверхностей менее $350HB$ – под углом $\alpha_Ф = 45°$, а при более высокой твердости – $\alpha_Ф = 15...20°$.

Острые кромки торцов ступицы также притупляют фасками, размеры которых принимают по табл. 13.

При серийном производстве заготовки колес получают из прутка свободной ковкой, а также ковкой в штампах. При годовом объеме выпуска колес более 50 шт. экономически оправдана ковка в простейших односторонних подкладных штампах.

Таблица 13

Размеры фасок на торцах ступицы колеса

| d, мм | 40…50 | 50…80 | 80…120 | 120… …150 | 150… …250 | 250… …500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| f, мм | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |

При готовом объеме выпуска более 100 шт. применяют двусторонние штампы. Для свободной выемки заготовок из штампа принимают значения штамповочных уклонов $\gamma \geq 7°$ и радиусов закруглений $R \geq 6$ мм.

Толщина диска

$$C \approx 0{,}5(S + S_{CT}) \geq 0{,}25b_2, \qquad (92)$$

где $S_{CT} = 0{,}5(d_{CT} - d)$.

В диске обычно выполняют 4…6 технологических отверстий диаметром 18…22 мм.

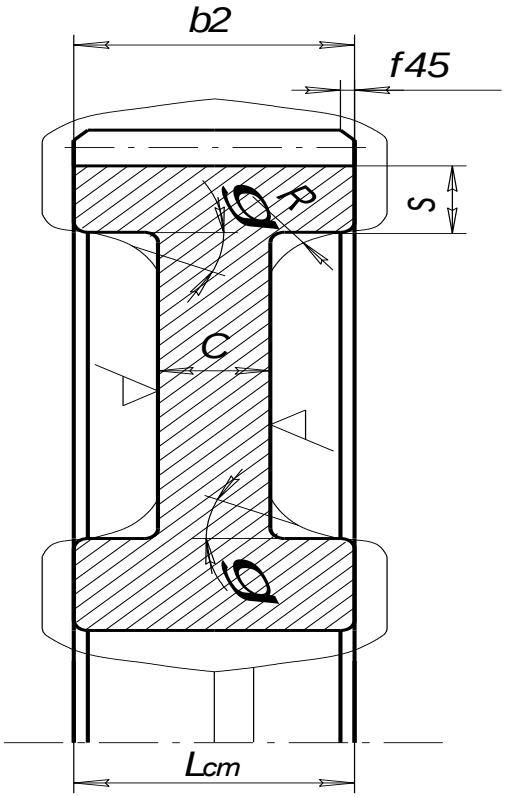



Рис. 27. Конструкция колеса

Для уменьшения влияния термической обработки на точность геометрической формы зубчатые колеса при *HB* >350 делают массивными:

$$C = (0{,}35...0{,}4)b_2. \qquad (93)$$

Нормализованные и улучшенные колеса делают с более тонким диском (

$C = 0{,}25b_2$).

Зубчатые колеса, вращающиеся с относительно высокой частотой ($n \geq 1000 мин^{-1}$), обрабатывают кругом и балансируют путем высверливания отверстий на торцах обода.

Базовыми поверхностями при нарезании зубьев являются поверхность центрального отверстия и торцы зубчатого венца. Производительность возрастает при нарезании зубьев в «пакете» из двух колес и более.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

## ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Задача № 1

Две пластины соединены внахлест; силы, приложенные на растяжение равны 220 кН. В наличии имеются заклепки диаметром 19 мм, диаметр отверстий $d_0$ по ГОСТ=20 мм, толщина пластины 10 мм. Материал заклепок Ст 2 ($[\tau_{ср}]$=140 Н/мм$^2$). Определить необходимое число заклепок.

Ответ: 5 шт.

### Задача № 2

Определить напряжение смятия в заклепочном соединении при толщине косынки, равной толщине полосы $\delta_к=\delta$=10 мм, и допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$=320 Н/мм$^2$, если приложенная сила равна 220 кН, число заклепок 5 и диаметр сверлений под них 20 мм.

Ответ: 220 МПа.

### Задача № 3

Определить требуемый диаметр заклепок из материала Ст 2, если известно, что этих заклепок необходимо установить 5 шт, и действующая сила в соединении $F$ =220 кН.

Ответ: 20 мм.

### Задача № 4

Определить напряжение среза заклепок при растягивающей силе $F$=120·10$^3$ Н соединения внахлест двух пластин толщиной $d$/2 каждая, если диаметр заклёпок $d$=20 мм. Число заклепок 5.

Ответ: 76,4 МПа.

### Задача № 5

Определить, какое усилие может воспринимать заклепочные соединения при креплении двух пластин равной толщины $d_0$/2, где $d_0$ – диаметр сверлений под заклепки равный 20 мм. Материал заклепки сталь Ст 2 $[\sigma_{см}]$=320 Н/мм$^2$; $[\tau_{ср}]$=140 Н/мм$^2$ . Число заклепок 5.

Ответ: 220 кН.

## СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Задача № 6

Две полосы из стали Ст 5 ($\sigma_т$=235 МПа) сечением 150 мм на 8 мм соединены встык ручной сваркой. Определить допустимое максимальное усилие, если $[\sigma_р']$=141 МПа.

Ответ: 169 кН.

**Задача № 7**

Определить длину комбинированного сварного шва, если действует усилие *F*=120 кН, катет шва k=5 мм, $[\sigma'_р]$=160 МПа, $[\tau'_{ср}]$=96 МПа.

Ответ: 0,358 м.

**Задача № 8**

Две полосы соединены внахлест фланговым швом ручной сваркой электродами Э–50, катет шва *k*=4 мм, $[\sigma_р']$=180 МПа, $[\tau'_{ср}]$=108 МПа, длина шва *l*=15 см. Определить допустимое максимальное усилие.

Ответ: 90,7 кН.

**Задача № 9**

Две полосы из стали Ст 5 ($\sigma_т$=235 кН) соединены встык ручной сваркой электродами Э-42. Определить допустимое напряжение сварного шва.

Ответ: 141 МПа.

**Задача № 10**

Определить катет сварного шва любого типа при соединении внахлест двух полос ручной сваркой, если длина шва *l*=20 см, сила действующая на полосы *F*=135 кН, $[\tau'_{ср}]$=100 МПа.

Ответ: 10 мм.

**Задача № 11**

Определить длину фланговых сварных швов в соединении внахлест уголка № 10 (*b*=100 мм, $z_0$ =2,83 см) с косынкой, если суммарная длина сварного шва *l*=60 см.

Ответ: 170 и 430 мм.

**Задача № 12**

Определить суммарную длину фланговых сварных швов в соединении внахлест уголка № 10 (*b*=100 мм, $z_0$ =2,83 см) с косынкой, если *F*=400 кН, катет шва 10 мм и допускаемое напряжение сварного шва $[\tau'_{ср}]$=120 МПа.

Ответ: 476 мм.

**Задача № 13**

Определить напряжения в сварном шве, соединяющем два стальных листа встык шириной 200 мм и толщиной 10 мм, если растягивающее усилие *F* =180 кН и допускаемое напряжение в сварном шве 140 МПа. Материал – сталь 5 ($\sigma_т = 235$ МПа).

Ответ: 90 МПа.

## ШПОНКИ

**Задача № 14**

Для шпонки с закруглёнными концами определить момент, который она может передать в соединении вала с зубчатым колесом. Диаметр вала *d*=70 мм; размеры шпонки $l_{раб}$=80 мм; *h*=12 мм; *в*=20 мм; и допускаемое напряжение

$[\sigma_{см}]$=85 МПа.

Ответ: 1428 Нм

**Задача № 15**

Для призматической шпонки сечением 14х 9 и длиной $l$=100 мм определить рабочую длину $l_{раб}$., если известно b=14 мм; h=9 мм.

Ответ: 86 мм.

**Задача № 16**

Зубчатое колесо соединено с валом призматической шпонкой и рассчитано для передачи крутящего момента $T$=450 Нм. Определить диаметр вала, если допускаемое напряжение на кручение $[\tau_{кр}]$=16 МПа.

Ответ: 52 мм.

**Задача № 17**

Проверить соединение шпонки с валом диаметром 38 мм на смятие. Крутящий момент 274 Нм; размеры шпонки заданы: $l$=32 мм, $h$=13 мм, $в$=10 мм и допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$=200 МПа.

Ответ: 100,8 МПа.

**Задача № 18**

По заданным размерам призматической шпонки проверить шпонку на срез: $l_{раб}$=28 мм; $в$=10 мм. Диаметр вала 38 мм, передаваемый крутящий момент 275 Нм, допускаемое напряжение на срез 60 МПа.

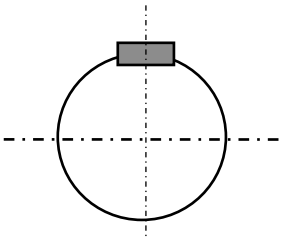
Ответ: 51,7 МПа.

**Задача № 19**

Проверить шпонку на смятие, если крутящий момент 500 Н. Размеры шпонки по ГОСТ 23360-78 выбраны $16\times10\times50$ мм. Диаметр вала $d$ = 50 мм. Допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$= 100 МПа.

Ответ: 118 МПа.

**Задача № 20**



Передаваемый валом крутящий момент Т=1000 Нм, диаметр вала 50мм, сечение шпонки $b$х $h$= 14х9 мм, допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$= 100 МПа. Рассчитать необходимую длину шпонки согласно ГОСТ 23360-78 .

Ответ: 110 мм.

## РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Задача № 21**

Стержень винта нагружен только внешней растягивающейся силой, равной 100 Н. Определить напряжение растяжения в стержне, если его диаметр (внутренний диаметр резьбы) $d_1$=0,01 м.

Ответ 1,27 МПа.

**Задача № 22**

Соединение при помощи болта и гайки, установленном без зазора болта в отверстие детали, нагружено поперечными усилиями. Определить прочность болта на срез, если внешний диаметр болта 10 мм, сила деформации 8 кН. Толщину пластин принять $\delta_1=\delta_2=20$ мм.

Ответ: 102 МПа.

**Задача № 23**

Соединение при помощи болта и гайки нагружено поперечными усилиями. Болт установлен в отверстие детали без зазора. Определить диаметр болта, если сила деформации $6\cdot10^3$ Н, а предельно допустимое напряжение на срез $[\tau_{ср}]=120$ МПа.

Ответ: 8 мм.

**Задача № 24**

Соединение при помощи болта и гайки нагружено поперечными усилиями. Болт установлен в отверстие детали без зазора. Определить максимальную величину этих усилий деформации, если установлен болт М10х1,5. Предельно допустимое напряжение на срез $[\tau_{ср}]=80$ МПа.

Ответ: 6280 Н.

**Задача № 25**

Стержень винта нагружен только внешней растягивающейся силой – определить ее максимальное значение, если предельно допустимое напряжение растяжения $[\sigma]=144$ МПа в стержне, а его диаметры $d=12$ мм, $d_1=10{,}106$ мм, $d_2=10{,}863$ мм и шаг 1,75 мм.

Ответ: 115450 Н.

## ВАЛЫ

**Задача № 26**

Найти вращающий момент на ведущем валу (на тихоходном валу редуктора) Нм, если известна частота вращения вала 400 об/мин и передаваемая мощность – 4 кВт.

Ответ: 95,5 Нм.

**Задача № 27**

Рассчитать крутящий момент на выходном валу, если известно, что передаваемая мощность 4,5 кВт, а частота его вращения $n=960$ об/мин.

Ответ: 44,8 Нм.

**Задача № 28**

Определить крутящий момент на валу, передаваемый зубчатым колесом, соединённым с валом призматической шпонкой, если окружное усилие на зубчатом колесе равно 12 кН. Диаметр вала 60 мм, делительный диаметр колеса 150 мм.

Ответ: 900 Нм.

## ПЕРЕДАЧИ

**Задача № 29**

Рассчитать максимальное значение удельной нагрузки, распределенной по линии контакта зубьев если известны нормальная сила в зацеплении 0,95 кН, коэффициент расчетной нагрузки 1,5 и суммарная длина линии контакта зубьев 400 мм.

Ответ 3563 Н/м.

**Задача № 30**

Найти делительные окружности зубчатых колес (ведущего и ведомого) в прямозубой зубчатой передаче, если известен модуль 4мм и количество зубьев первого колеса 21 шт и второго 85 шт.

Ответ 84 мм и 340 мм.

**Задача № 31**

Найти межосевое расстояние в прямозубой зубчатой передаче, если известен модуль 4 мм и количество зубьев первого колеса 21 шт и второго 85 шт.

Ответ 212 мм

**Задача № 32**

Прямозубая передача имеет следующие параметры: $a=300$ мм, $d_1=100$ мм, $d_{a1}=150$ мм, $m=4$. Определить $z_1$; $z_2$.

Ответ 25 и 125 шт.

**Задача №33**

Определить диаметр ведомого шкива в ремённой передаче, если диаметр ведущего шкива $d_1=200$ мм, а скорость вращения $n_1=750$ об/мин. Скорость вращения ведомого шкива $n_2=300$ об/мин. Трением скольжения пренебречь. Ответ 500 мм.

**Задача № 34**

Определить радиальное усилие $F_r$ в прямозубой зубчатой передаче, если диаметр вала $d_1=40$ мм, крутящий момент $T=44,8$ Нм.

Ответ 2240 Н.

**Задача №35**

Определить диаметр ведущего шкива клиноременной передачи, если передаваемая мощность 6 кВт и частота вращения шкива $n_1=750$ об/мин. Принять $K_d=40$.

Ответ 170 мм.

**Задача №36**

Определить количество клиновых ремней для передачи мощности $P_{ном}=72$ кВт. Допускаемая передаваемая мощность одного ремня $[P_н]=18$ кВт.

Ответ 4 шт.

**Задача № 37**

Определить окружную силу, передаваемую клиновыми ремнями, если передаваемая ими мощность $P_н$=7,3 кВт, а угловая скорость ведущего шкива диаметром $d_1$=200 мм равняется 16 $с^{-1}$.
Ответ 4563 Н.

**Задача № 38**

Рассчитать радиальное усилие, действующее в прямозубой передаче, если известны крутящий момент 200 Нм, делительный диаметр зубчатого колеса 145 мм и угол зацепления 20º.
Ответ 1004 Н.

**Задача № 39**

Найти делительные диаметры двух цилиндрических колес в прямозубой зубчатой передаче, если известны m=2,5 мм, U=3,15 мм, $z_1$=27 мм.
Ответ $d_1$=67,5мм; $d_2$=212,5мм.

**Задача № 40**

Рассчитать нормальное усилие действующее в прямозубой цилиндрической передаче, если известны крутящий момент 200 Нм, делительный диаметр зубчатого колеса 145 мм и угол зацепления 20º.
Ответ 2936 Н.

**Задача № 41**

Рассчитать удельную нагрузку действующую на колесо, если известно $F_t$=2900 Н, l=0,2 мм, Кн=1, α=20º
Ответ 15431 Н/м.

## УКАЗАНИЯ К ВЫБОРУ НОМЕРА И КОЛИЧЕСТВА ЗАДАНИЙ

Количество задач, входящих в контрольную работу различное для разных специальностей.

Студенты, изучающие дисциплину "Прикладная механика", выполняют следующие задачи контрольной работы:

1. задачи по расчету сварных соединений (С);
2. задачи по расчету резьбовых соединений (Р);
3. расчет зубчатой передачи (З).

Номера задач выбираются по таблице, в соответствии с последней цифрой шифра в зачетной книжке.

| Задача | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| С | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Р | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| З | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |

Номер варианта каждой задачи выбирается по предпоследней цифре шифра.

### Задачи по расчету сварных соединений (С)

С.1. Рассчитать сварное соединение уголка № 10 (100х100х10) с косынкой при действии силы 2*F* (рис.С.1) по данным табл.С.1.

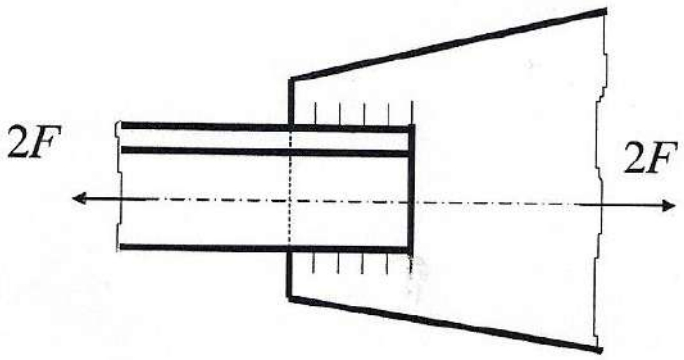



Рис.С.1. Соединение уголка с косынкой

С.2 .Рассчитать сварное соединение, состоящее из серьги, блока и швеллера (рис.С.2) по данным табл.С.2. Толщина серьги δ. Материал электрода и метод сварки выбрать самостоятельно.

Таблица С.1

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| 2F, кН | 50 | 55 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| Электроды | Э42А | Э42А | Э42А | Э42А | Э42 | Э42 | Э42 | Э50 | Э50 | Э50 |
| Метод сварки | Автоматическая под слоем флюса | | | Автоматическая | | | | Ручная | | |

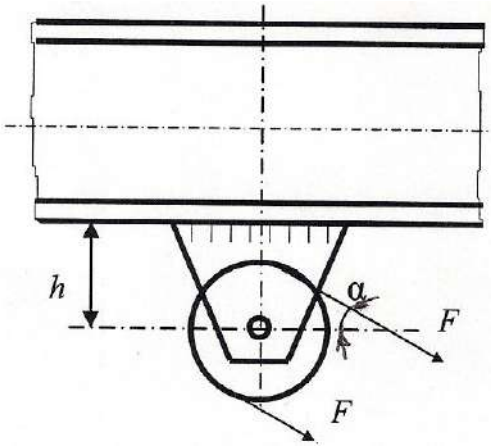



Рис.С.2. Сварное соединение блока, серьги и швеллера

Таблица С.2

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| F, кН | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |
| h, мм | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 |
| δ, мм | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 |
| α, рад | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 |

С.3. Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер №16а к стальной плите (рис.С.3). Электрод Э50. Сварка ручная. Данные для расчета приведены в табл.С.3.

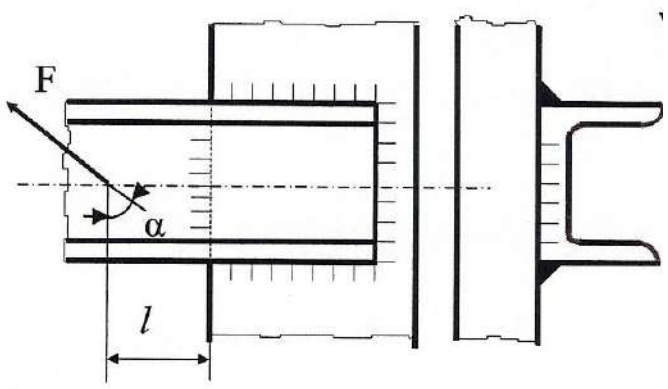



Рис.С.3. Сварное соединение швеллера с плитой

Таблица С.3

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *F*, кН | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 |
| *l*, мм | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 1000 | 1050 | 1100 |
| α, рад | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 |

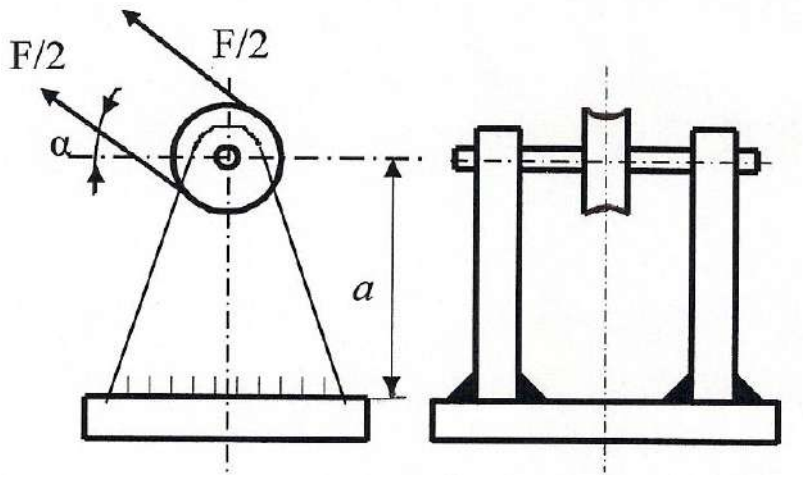



Рис.С.4. Блок монтажного устройства

С.4. Рассчитать сварное соединение, крепящее неподвижный блок монтажного устройства к плите (рис.С.4), по данным табл.С.4. Материал электрода и метод сварки выбрать самостоятельно.

Таблица С.4

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *F*, кН | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| *a*, мм | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 | 680 | 660 | 640 | 620 |
| α, рад | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 | П/4 |

С.5. Проверить прочность сварных швов, соединяющих диск с зубчатым ободом и диск со ступицей (Рис.С.5). Мощность, передаваемая колесом – *P*, угловая скорость его – ω , толщина швов $k_1$ и $k_2$ и диаметры $d_c$, $D_c$, $d$ заданы в табл.С.5. Сварка ручная. Диск – Ст3, ступица и обод – сталь 40.

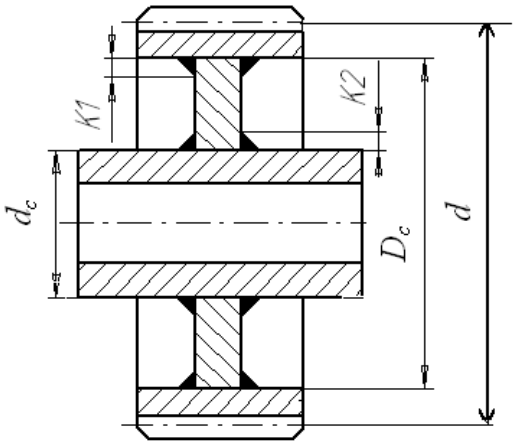



Рис.С.5. Сварное зубчатое колесо

Таблица С.5

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $P$, кВт | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 |
| ω, рад/с | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $d_c$, мм | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 |
| $D_c$ , мм | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | 550 | 575 | 600 | 625 |
| $d$ , мм | 500 | 525 | 550 | 575 | 600 | 625 | 650 | 675 | 750 | 800 |
| $k_1$, мм | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| $k_2$ , мм | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |

С.6. Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2 (рис.С.6) по данным табл С.6.

Таблица С.6

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $F$ , кН | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $a$ , см | 15 | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 |
| $b$ , см | 5 | 5 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 | 15 | 15 |
| α, рад | П/3 | П/4 | П/6 | П/6 | П/3 | П/4 | П/6 | П/6 | П/3 | П/4 |

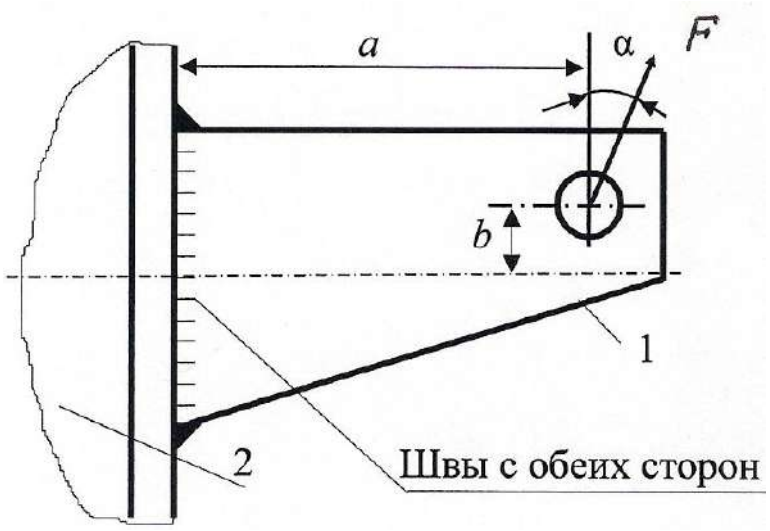



Рис.С.6. Сварное соединение листа с уголком

## Вторая группа задач

Задача Р.1.Определить диаметр болтов фланцевого соединения верхней части автоклава с его корпусом (рис.Р.1). Давление жидкости внутри автоклава по манометру $p$ , внутренний диаметр верхней части автоклава $D$ и количество болтов $z$ заданы в табл.Р.1.

Таблица Р.1

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $p$, МПа | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 0,9 |
| $D$ , мм | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 |
| $Z$ | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

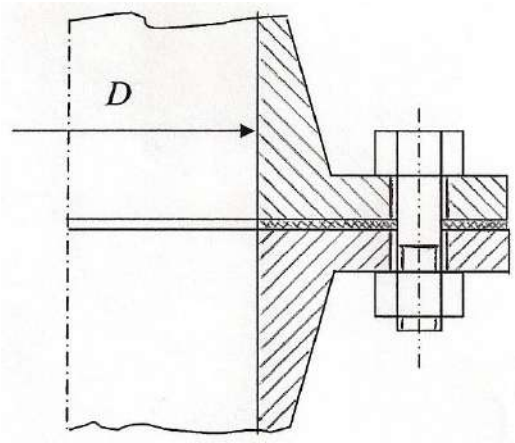



Рис.Р.1. Часть автоклава

Задача Р.2. Рассчитать болты, скрепляющие зубчатое колесо с барабаном лебедки (рис.Р.2). Расчет вести в двух вариантах: а) болты поставлен с зазором; б) болты поставлены без зазора. Грузоподъёмность лебедки $F$ и диаметры $D_1$ и $D_2$ заданы в табл.Р.2. Число болтов равно 6.

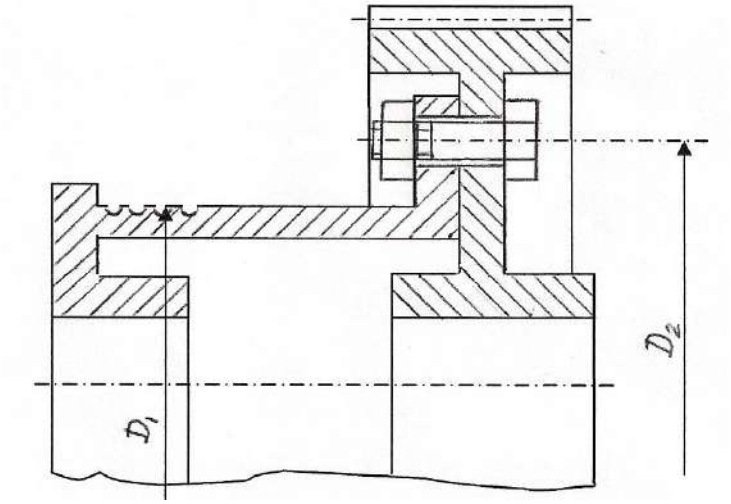



Рис.Р.2. Барабан лебёдки в соединении с зубчатым колесом

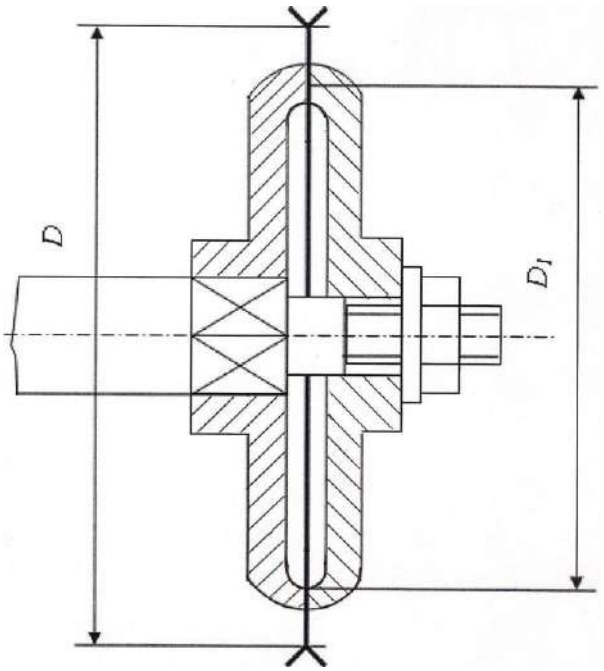
Таблица Р.2

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $F$ , кН | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 |
| $D_1$ , мм | 250 | 250 | 300 | 300 | 350 | 350 | 400 | 400 | 450 | 450 |
| $D_2$ , мм | 400 | 400 | 450 | 450 | 500 | 500 | 550 | 550 | 600 | 600 |

Задача Р.3. Определить диаметр нарезной части дисковой пилы, которая удерживается между двумя шайбами посредством сил трения, возникающих при затяжке гайки на конце вала (рис.Р.3). Пила преодолевает сопротивление резанию силу $F$. Данные для расчета приведены в табл.Р.3.

Таблица Р.3

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $F$ , Н | 600 | 625 | 650 | 675 | 700 | 725 | 750 | 775 | 800 | 825 |
| $D$, мм | 700 | 700 | 650 | 650 | 600 | 600 | 550 | 550 | 500 | 500 |
| $D_1$, мм | 400 | 400 | 350 | 350 | 300 | 300 | 250 | 250 | 200 | 200 |




Задача Р.4. Определить диаметр фундаментных болтов, крепящих стойку к бетонному основанию (рис.Р.4). Коэффициент трения основания стойки о бетон $f$=0,4. Болты принять с метрической резьбой по ГОСТ. Данные для расчета приведены в табл.Р.4.

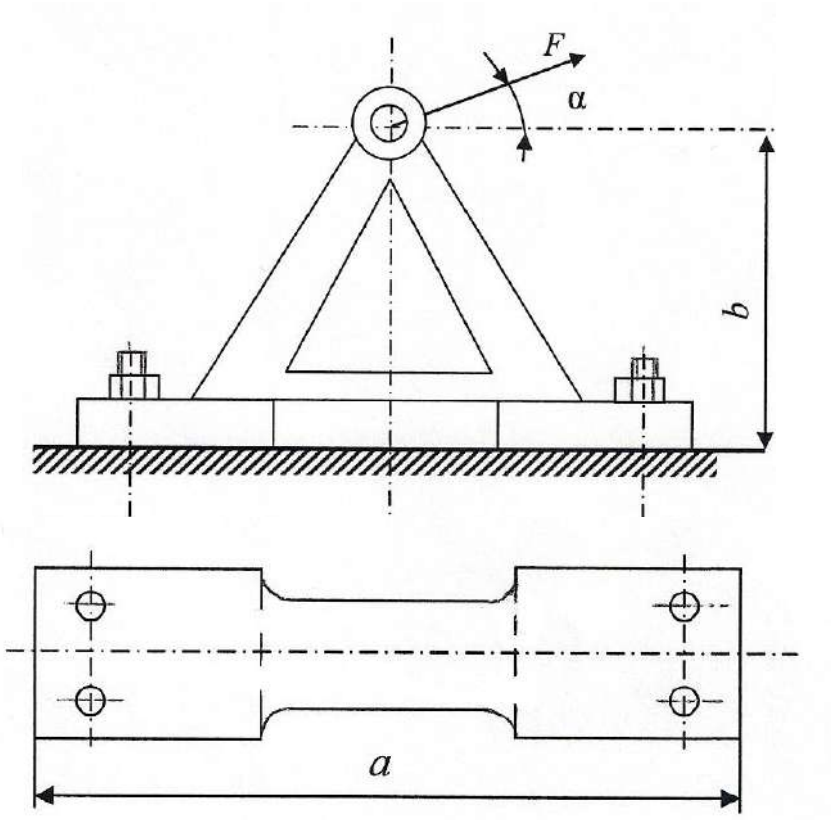



Рис.Р.4. Стойка

Таблица Р.4

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *F*, кН | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| α, рад | П/6 | П/4 | П/3 | П/4 | П/6 | П/3 | П/6 | П/4 | П/3 | П/6 |
| *a* , мм | 600 | 600 | 650 | 650 | 700 | 700 | 750 | 750 | 800 | 800 |
| *b* , мм | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 |

Задача Р.5. Рассчитать клеммовое болтовое соединение, обеспечивающее передачу крутящего момента с рычага в результате приложения на его конце силы *F*, на вал диаметром *d* (рис.Р.5) по данным табл.Р.5.

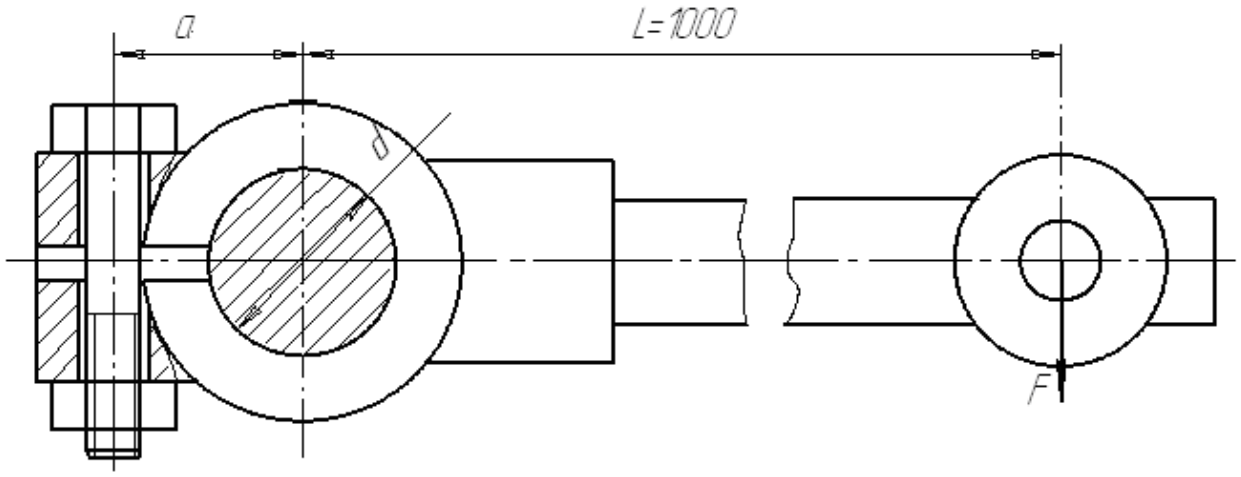



Рис.Р.5. Клеммовое соединение

Таблица Р.5

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *d* , мм | 40 | 42 | 45 | 48 | 50 | 52 | 55 | 58 | 60 | 63 |
| Коэффициент трения скольжения | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| *F*, кН | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 6 | 6 | 6 |
| *a* , мм | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 |

Задача Р.6. Рассчитать болты фланцевой муфты, передающей мощность $P$ при частоте вращения $n$, диаметр окружности осей болтов $D_0$. Число болтов равно z. Расчет произвести для двух вариантов:

а) болты поставлены без зазора;

б) болты установлены с зазором, коэффициент трения между торцами полумуфт $f = 0{,}15$.

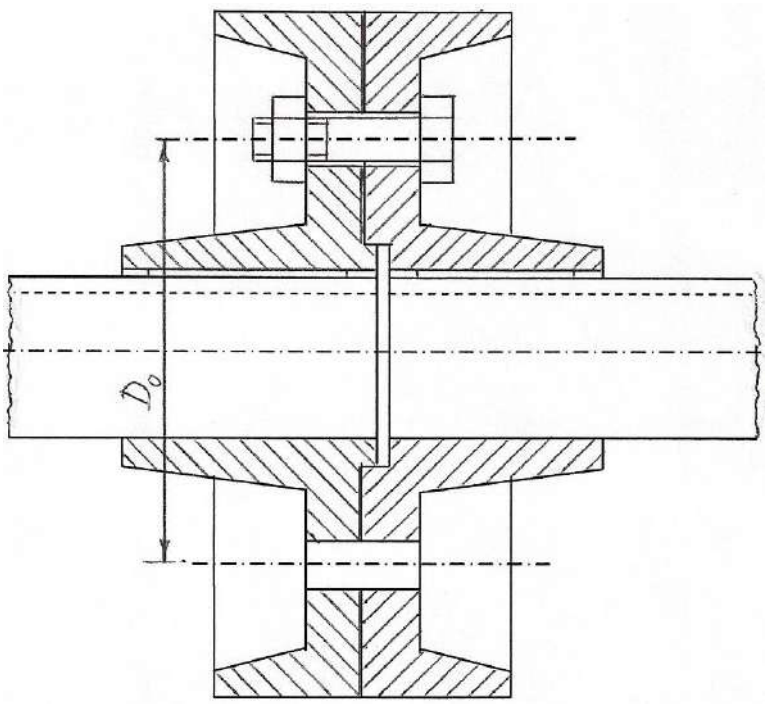



Рис.Р.6

Таблица Р.6

| Величины | В А Р И А Н Т Ы | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $P$ , кВт | 50 | 55 | 60 | 65 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| $n$ ,об/мин | 250 | 250 | 300 | 300 | 350 | 350 | 400 | 400 | 450 | 450 |
| $D_0$, мм | 220 | 220 | 220 | 230 | 230 | 230 | 240 | 240 | 250 | 250 |
| z | 6 | 7 | 8 | 9 | 6 | 7 | 8 | 9 | 6 | 7 |

**Приложение 1**

# ПРИЗМАТИЧЕСКАЯ ШПОНКА (ГОСТ 23360-78)

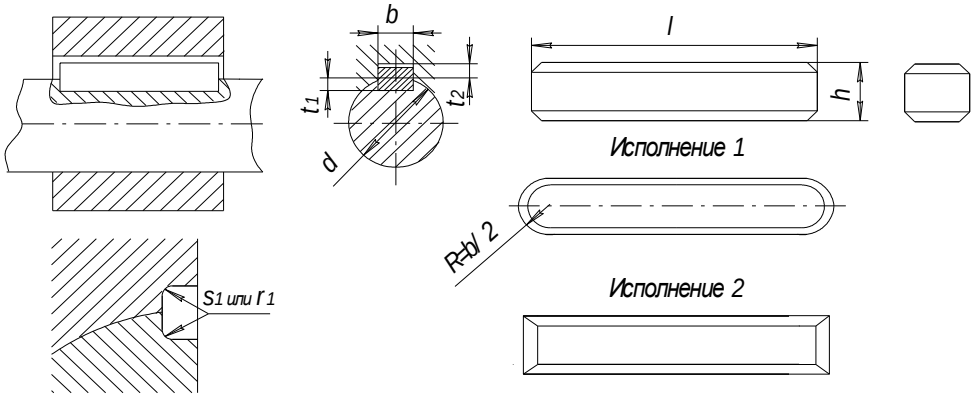



Таблица П.1

| $d$ | $b$ | $h$ | $t_1$ | $t_2$ | $l$ | | $s_1$ или $r_1$ | $s$ или $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | от | до | | |
| Свыше 12 до 17 | 5 | 5 | 3 | 2,3 | – | – | – | – |
| Свыше 17 до 22 | 6 | 6 | 3,5 | 2,8 | – | – | – | – |
| Свыше 22 до 30 | 8 | 7 | 4,0 | 3,3 | – | – | – | – |
| Свыше 30 до 38 | 10 | 9 | 5,5 | 3,8 | 22 | 110 | 0,25 …0,4 | 0,4… 0,6 |
| Свыше 38 до 44 | 12 | 11 | 7 | 4,4 | 28 | 140 | | |
| Свыше 44 до 50 | 14 | 12 | 7,5 | 4,9 | 38 | 160 | | |
| Свыше 50 до 58 | 16 | 14 | 9 | 5,4 | 45 | 180 | | |
| Свыше 58 до 65 | 18 | 16 | 10 | 6,5 | 50 | 200 | | |
| Свыше 65 до 75 | 20 | 18 | 11 | 7,4 | 56 | 220 | 0,4… 0,6 | 0,6… 0,8 |
| Свыше 75 до 85 | 22 | 20 | 12 | 8,4 | 63 | 250 | | |
| Свыше 85 до 95 | 25 | 22 | 13 | 9,4 | 70 | 280 | | |
| Свыше 95 до 110 | 28 | 25 | 15 | 10,4 | 80 | 320 | | |
| Свыше 110 до 130 | 32 | 28 | 17 | 11,4 | 90 | 360 | | |
| Свыше 130 до 150 | 36 | 32 | 20 | 12,4 | 100 | 400 | 0,7… 1,0 | 1,0… 1,2 |
| Свыше 150 до 170 | 40 | 36 | 22 | 14,4 | | | | |
| Свыше 170 до 200 | 45 | 40 | 25 | 15,4 | 110 | 450 | | |
| Свыше 200 до 230 | 50 | 45 | 28 | 17,4 | 125 | 500 | | |
| Свыше 230 до 260 | 56 | 50 | 31 | 19,5 | 140 | 500 | 1,2… 1,6 | 1,6… 2,0 |
| Свыше 260 до 290 | 63 | 60 | 36 | 24,5 | 160 | | | |
| Свыше 290 до 330 | 70 | 65 | 39 | 26,5 | 180 | | | |
| Свыше 330 до 380 | 80 | 75 | 44 | 31,5 | 200 | | 2,0… 2,5 | 2,5… 3,0 |
| Свыше 380 до 440 | 90 | 85 | 49 | 36,5 | 220 | | | |
| Свыше 440 до 500 | 100 | 95 | 54 | 41,5 | 250 | | | |

**Примечания:** 1. Допускается в отдельных обоснованных случаях применять меньшие размеры сечений шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов.

2. Стандартные длины шпонок: 6; 8; 10; 12; 14; 16;20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250 мм.

**Приложение 2**

# СЕГМЕНТНАЯ ШПОНКА (ГОСТ 24071-80)

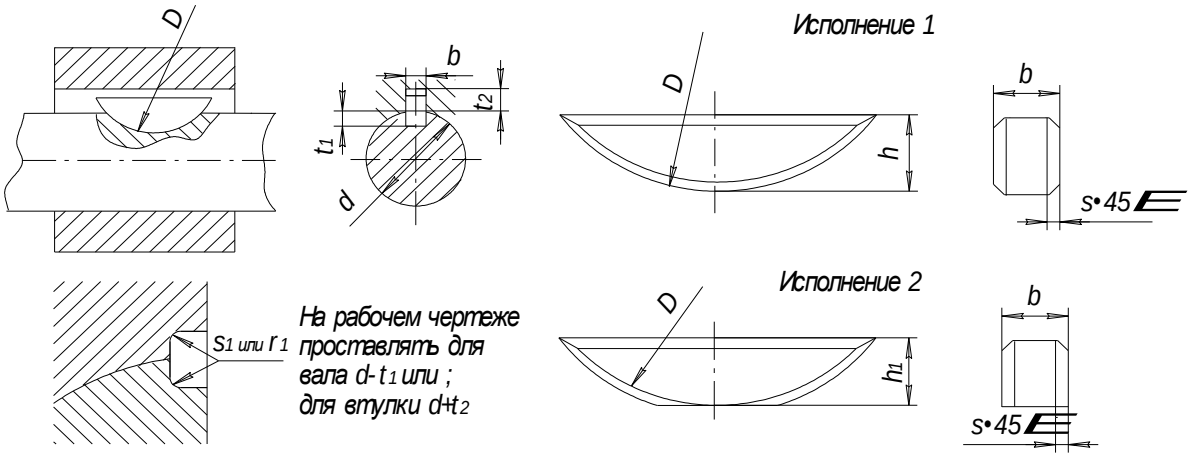



Таблица - П2

| $d$ для шпонок | | Размеры шпонок $b \times h \times D$ | $t_1$ | $t_2$ | $s_1$ или $r_1$ | $s$ или $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Передающих крутящий момент | Фиксирующих элементов | | | | | |
| От 3 до 4 | От 3 до 4 | 1×1,4×4 | 1,0 | 0,6 | | |
| Свыше 4 до 5 | Свыше 4 до 6 | 1,5×2,6×7 | 2,0 | 0,8 | | |
| Свыше 5 до 6 | Свыше 6 до 8 | 2×2,6×7 | 1,8 | 1,0 | 0,08 | 0,16 |
| Свыше 6 до 7 | Свыше 8 до 10 | 2×3,7×10 | 2,9 | 1,0 | … | … |
| Свыше 7 до 8 | Свыше 10 до 12 | 2,5×3,7×10 | 2,7 | 1,2 | 0,16 | 0,25 |
| Свыше 8 до 10 | Свыше 12 до 15 | 3×5×13 | 3,8 | 1,4 | | |
| Свыше 10 до 12 | Свыше 15 до 18 | 3×6,5×16 | 5,3 | 1,4 | | |
| Свыше 12 до 14 | Свыше 18 до 20 | 4×6,5×16 | 5,0 | 1,8 | | |
| Свыше 14 до 16 | Свыше 20 до 22 | 4×7,5×19 | 6,0 | 1,8 | | Св. 0,25 до 0,4 |
| Свыше 16 до 18 | Свыше 22 до 25 | 5×6,5×16 | 4,5 | 2,3 | | |
| Свыше 18 до 20 | Свыше 25 до 28 | 5×7,5×19 | 5,5 | 2,3 | 0,16 | |
| Свыше 20 до 22 | Свыше 28 до 32 | 5×9×22 | 7,0 | 2,3 | … | |
| Свыше 22 до 25 | Свыше 32 до 36 | 6×9×22 | 6,5 | 2,8 | 0,25 | |
| Свыше 25 до 28 | Свыше 36 до 40 | 6×10×25 | 7,5 | 2,8 | | 0,4… 0,6 |
| Свыше 28 до 32 | до 40 | 8×11×28 | 8,0 | 3,3 | | |
| Свыше 32 до 38 | до 40 | 10×13×32 | 10 | 3,3 | | |

**Пример условного обозначения сегментной шпонки**

исполнения 1 $b \times h = 5 \times 6{,}5$ мм:

Шпонка 1 5×6,5 ГОСТ 24071 - 80

То же, исполнение 2 сечение $b \times h_1 = 5 \times 5{,}2$ мм:

Шпонка 2 5×5,2 ГОСТ 24071 - 80

Приложение 3

# СОЕДИНЕНИЯ ШЛИЦЕВЫЕ ПРЯМОБОЧНЫЕ (ГОСТ 1139 - 80)

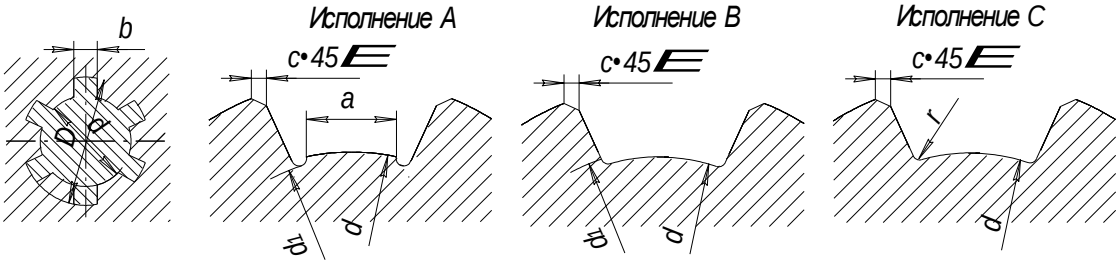



Таблица П.3

## РАЗМЕРЫ ЛЕГКОЙ СЕРИИ, ММ

| $z \times d \times D$ | $b$ | $d_1$ | $a$ | $c$ | | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Не менее | | Номинальный размер | Предельные отклонения | |
| 6 × 23 × 26 | 6 | 22,1 | 3,54 | 0,3 | +0,2 | 0,2 |
| 6 × 26 × 30 | 6 | 24,6 | 3,85 | | | |
| 6 × 28 × 32 | 7 | 26,7 | 4,03 | | | |
| 8 × 32 × 36 | 6 | 30,4 | 2,71 | 0,4 | | 0,3 |
| 8 × 36 × 40 | 7 | 34,5 | 3,46 | | | |
| 8 × 42 × 46 | 8 | 40,4 | 5,03 | | | |
| 8 × 46 × 50 | 9 | 44,6 | 5,73 | | | |
| 8 × 52 × 58 | 10 | 49,7 | 4,89 | 0,5 | +0,3 | 0,5 |
| 8 × 56 × 62 | 10 | 53,6 | 6,38 | | | |
| 8 × 62 × 68 | 12 | 59,8 | 7,31 | | | |
| 10 × 72 × 78 | 12 | 69,6 | 5,45 | | | |
| 10 × 82 × 88 | 12 | 79,3 | 8,62 | | | |
| 10 × 92 × 98 | 14 | 89,4 | 10,08 | | | |
| 10 × 102 × 108 | 16 | 99,9 | 11,49 | | | |
| 10 × 112 × 120 | 18 | 108,8 | 10,72 | | | |

Продолжение табл. П. 3

## РАЗМЕРЫ СРЕДНЕЙ СЕРИИ, ММ

| $z \times d \times D$ | $b$ | $d_1$ | $a$ | $c$ | | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Не менее | | Номинальный размер | Предельные отклонения | |
| $6 \times 11 \times 14$ | 3 | 9,9 | – | 0,3 | +0,2 | 0,2 |
| $6 \times 13 \times 16$ | 3.5 | 12,0 | – | | | |
| $6 \times 16 \times 20$ | 4 | 14,5 | – | | | |
| $6 \times 18 \times 22$ | 5 | 16,7 | – | | | |
| $6 \times 21 \times 25$ | 5 | 19,5 | 1,95 | | | |
| $6 \times 23 \times 28$ | 6 | 21,3 | 1,34 | | | |
| $6 \times 26 \times 32$ | 6 | 23,4 | 1,65 | 0,4 | | 0,3 |
| $6 \times 28 \times 34$ | 7 | 25,9 | 1,7 | | | |
| $8 \times 32 \times 38$ | 6 | 29,4 | - | | | |
| $8 \times 36 \times 42$ | 7 | 33,5 | 1,02 | | | |
| $8 \times 42 \times 48$ | 8 | 39,5 | 2,57 | | | |
| $8 \times 46 \times 54$ | 9 | 42,7 | – | 0,5 | +0,3 | 0,5 |
| $8 \times 52 \times 60$ | 10 | 48,7 | 2,44 | | | |
| $8 \times 56 \times 65$ | 10 | 52,2 | 2,5 | | | |
| $8 \times 62 \times 72$ | 12 | 57,8 | 2,4 | | | |
| $10 \times 72 \times 82$ | 12 | 67,4 | – | | | |
| $10 \times 82 \times 92$ | 12 | 77,1 | 3,0 | | | |
| $10 \times 92 \times 102$ | 14 | 87,3 | 4,5 | | | |
| $10 \times 102 \times 112$ | 16 | 97,7 | 6,3 | | | |
| $10 \times 112 \times 125$ | 18 | 106,3 | 4,4 | | | |

Продолжение табл. П. 3

## РАЗМЕРЫ ТЯЖЕЛОЙ СЕРИИ, ММ

| $z \times d \times D$ | $b$ | $d_1$ | $a$ | $c$ | | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Не менее | | Номинальный размер | Предельные отклонения | |
| $6 \times 11 \times 14$ | 3 | 9,9 | – | 0,3 | +0,2 | 0,2 |
| $6 \times 13 \times 16$ | 3.5 | 12,0 | – | | | |
| $6 \times 16 \times 20$ | 4 | 14,5 | – | | | |
| $6 \times 18 \times 22$ | 5 | 16,7 | – | | | |
| $6 \times 21 \times 25$ | 5 | 19,5 | 1,95 | | | |
| $6 \times 23 \times 28$ | 6 | 21,3 | 1,34 | | | |
| $6 \times 26 \times 32$ | 6 | 23,4 | 1,65 | 0,4 | | 0,3 |
| $6 \times 28 \times 34$ | 7 | 25,9 | 1,7 | | | |
| $8 \times 32 \times 38$ | 6 | 29,4 | – | | | |
| $8 \times 36 \times 42$ | 7 | 33,5 | 1,02 | | | |
| $8 \times 42 \times 48$ | 8 | 39,5 | 2,57 | | | |
| $8 \times 46 \times 54$ | 9 | 42,7 | – | 0,5 | +0,3 | 0,5 |
| $8 \times 52 \times 60$ | 10 | 48,7 | 2.44 | | | |
| $8 \times 56 \times 65$ | 10 | 52,2 | 2,5 | | | |
| $8 \times 62 \times 72$ | 12 | 57,8 | 2,4 | | | |
| $10 \times 72 \times 82$ | 12 | 67,4 | – | | | |
| $10 \times 82 \times 92$ | 12 | 77,1 | 3,0 | | | |
| $10 \times 92 \times 102$ | 14 | 87,3 | 4,5 | | | |
| $10 \times 102 \times 112$ | 16 | 97,7 | 6,3 | | | |
| $10 \times 112 \times 125$ | 18 | 106,3 | 4,4 | | | |

**Примечание.**
Шлицевые валы исполнений А и С изготавливаются при центрировании по внутреннему диаметру, исполнения В – при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев.

Приложение 4

# РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ (ГОСТ 9150–80)

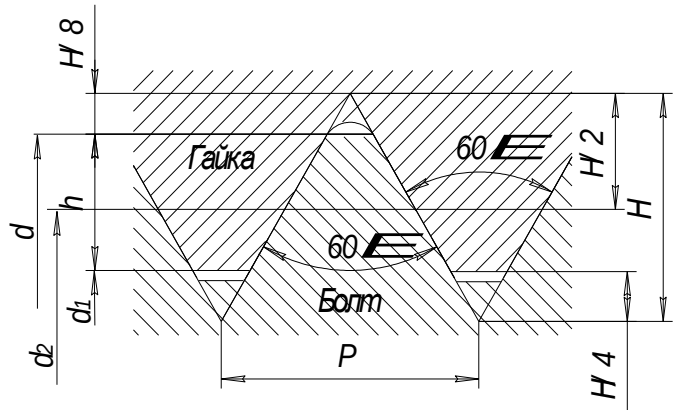



Таблица П. 4

| Диаметр наружный, $d$, мм | | | Шаг, $P$, мм | Диаметр, мм | | | Площадь расчетного сечения | Угол подъема резьбы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 3 | | средний резьбы $d_2 = D_2$ | внурен. гайки $d_1 = D_1$ | расчетный винта $d_p$ | $A_{ср}$, мм$^2$ | ψ |
| 5 | – | – | 0,8<br>0,5 | 4,480<br>4,675 | 4,134<br>4,459 | 4,25<br>4,53 | 14<br>16 | 3°15′<br>1°67′ |
| - | - | 5,5 | 0,5 | 5,175 | 4,959 | 5,03 | 20 | 1°56′ |
| 6 | – | – | 1<br>0,75<br>0,5 | 5,350<br>5,513<br>5,675 | 4,918<br>5,188<br>5,459 | 5,06<br>5,30<br>5,53 | 20<br>22<br>24 | 3°24′<br>2°29′<br>1°36′ |
| – | – | 7 | 1<br>0,75<br>0,5 | 6,350<br>6,513<br>6,675 | 5,918<br>6,188<br>6,459 | 6,06<br>6,30<br>6,53 | 29<br>31<br>33 | 2°52′<br>2°6′<br>1°22′ |
| 8 | – | – | 1,25<br>1<br>0,75<br>0,5 | 7,188<br>7,350<br>7,513<br>7,675 | 6,647<br>6,918<br>7,188<br>7,459 | 6,83<br>7,06<br>7,30<br>7,53 | 37<br>39<br>42<br>44 | 3°10′<br>2°29′<br>1°49′<br>1°11′ |
| – | – | 9 | 1,25<br>1<br>0,75<br>0,5 | 8,188<br>8,350<br>8,513<br>8,675 | 7,647<br>7,918<br>8,188<br>8,459 | 7,83<br>8,06<br>8,30<br>8,53 | 48<br>51<br>54<br>57 | 2°47′<br>2°11′<br>1°36′<br>1°3′ |

продолжение табл. П.4

| Диаметр наружный $d$, мм | | | Шаг $P$, мм | Диаметр, мм | | | $A_{ср}$, мм$^2$ | ψ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 3 | | средний резьбы $d_2 = D_2$ | внутрен. гайки $d_1 = D_1$ | расчетн. винта $d_p$ | | |
| 10 | – | – | 1,5<br>1,25<br>1<br>0,75<br>0,5 | 9,026<br>9,188<br>9,350<br>9,513<br>9,675 | 8,376<br>8,647<br>8,918<br>9,188<br>9,459 | 8,59<br>8,83<br>9,06<br>9,30<br>9,53 | 58<br>61<br>64<br>68<br>71 | 3°2′<br>2°29′<br>1°57′<br>1°26′<br>1°22′ |
| – | – | 11 | (1,5)<br>1<br>0,75<br>0,5 | 10,026<br>10,188<br>10,350<br>10,513 | 9,376<br>9,918<br>10,188<br>10,459 | 9,59<br>10,06<br>10,30<br>10,53 | 72<br>79<br>83<br>87 | 2°29′<br>1°46′<br>1°18′<br>0°51′ |
| 12 | – | – | 1,75<br>1,5<br>1,25<br>1<br>0,75<br>0,5 | 10,863<br>11,026<br>11,180<br>11,350<br>11,513<br>11,675 | 10,106<br>10,376<br>10,647<br>10,918<br>11,188<br>11,495 | 10,36<br>10,59<br>10,83<br>10,06<br>11,30<br>11,53 | 84<br>88<br>92<br>96<br>100<br>104 | 2°56′<br>2°29′<br>2°2′<br>1°36′<br>1°11′<br>0°47′ |
| – | 14 | – | 2<br>1,5<br>1,25<br>1<br>0,75<br>0,5 | 12,701<br>13,026<br>13,180<br>13,350<br>13,513<br>13,675 | 11,835<br>12,376<br>12,647<br>12,918<br>13,188<br>13,495 | 12,12<br>12,59<br>12,83<br>13,06<br>13,30<br>13,53 | 115<br>124<br>129<br>134<br>139<br>144 | 2°52′<br>2°6′<br>1°44′<br>1°22′<br>1°1′<br>0°40′ |
| – | – | 15 | 1,5<br>(1) | 14,026<br>14,350 | 13,376<br>13,918 | 13,59<br>14,06 | 145<br>155 | 1°57′<br>1°16′ |
| 16 | – | – | 2<br>1,5<br>1<br>0,75<br>0,5 | 14,701<br>15,026<br>15,350<br>15,513<br>15,675 | 13,835<br>14,376<br>14,918<br>15,188<br>15,495 | 14,12<br>14,59<br>15,06<br>15,30<br>15,53 | 156<br>167<br>178<br>184<br>189 | 2°29′<br>1°49′<br>1°11′<br>0°53′<br>0°35′ |

продолжение табл. П. 4

| Диаметр Наружный, $d$, мм | | | Шаг, $P$, мм | Диаметр, мм | | | $A_{ср}$, $мм^2$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 3 | | средний резьбы $d_2 = D_2$ | внутрен. гайки $d_1 = D_1$ | расчетн. винта $d_p$ | | |
| – | – | 17 | 1,5<br>(1) | 16,026<br>16,350 | 15,376<br>15,918 | 15,59<br>16,06 | 191<br>203 | 1°42′<br>1°7′ |
| – | 18 | – | 2,5<br>2<br>1,5<br>1<br>0,75<br>0,5 | 16.376<br>16.701<br>17.026<br>17.350<br>17.513<br>17.675 | 15.294<br>15.835<br>16.376<br>18.918<br>17.188<br>17.495 | 15.65<br>16.12<br>16.59<br>17.06<br>17.30<br>17.53 | 192<br>204<br>216<br>228<br>235<br>241 | 2°47′<br>2°11′<br>1°36′<br>1°3′<br>0°47′<br>0°31′ |
| 20 | – | – | 2.5<br>2<br>1.5<br>1<br>0.75<br>0.5 | 18.376<br>18.701<br>19.026<br>19.350<br>19.513<br>19.675 | 17.294<br>17.835<br>18.376<br>18.918<br>19.188<br>19.495 | 17.65<br>18.12<br>18.59<br>19.06<br>19.30<br>19.53 | 245<br>258<br>271<br>285<br>292<br>300 | 2°29′<br>1°57′<br>1°26′<br>1°22′<br>0°42′<br>0°28′ |
| – | – | 22 | 2.5<br>2<br>1.5<br>1<br>0.75<br>0.5 | 20.376<br>20.701<br>21.026<br>21.350<br>21.513<br>21.675 | 19.294<br>19.835<br>20.376<br>20.918<br>21.188<br>21.495 | 19.65<br>20.12<br>20.59<br>21.06<br>21.30<br>21.53 | 303<br>318<br>333<br>348<br>356<br>364 | 2°18′<br>1°46′<br>1°18′<br>0°51′<br>0°38′<br>0°25′ |
| 24 | – | – | 3<br>2<br>1.5<br>1<br>0.75 | 22.051<br>22.701<br>23.026<br>23.350<br>23.513 | 20.752<br>21.835<br>22.376<br>22.918<br>23.188 | 21.18<br>22.12<br>22.59<br>23.06<br>23.30 | 352<br>384<br>401<br>418<br>426 | 2°29′<br>1°36′<br>1°11′<br>0°47′<br>0°35′ |
| – | – | 25 | 2<br>1.5<br>0.75 | 23.701<br>24.026<br>24.350 | 22.835<br>23.376<br>23.918 | 23.12<br>23.59<br>24.06 | 420<br>437<br>455 | 1°33′<br>1°8′<br>0°45′ |

продолжение табл. П. 4

| Диаметр наружный $d$, мм | | | Шаг $P$, мм | Диаметр, мм | | | $A_{ср}$, $мм^2$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 3 | | средний резьбы $d_2 = D_2$ | внутрен. гайки $d_1 = D_1$ | расчетн. винта $d_p$ | | |
| – | – | (26) | 1.5 | 25.026 | 24.376 | 24.59 | 475 | 1°6′ |
| – | 27 | – | 3 | 25.051 | 23.752 | 24.18 | 459 | 2°11' |
| | | | 2 | 25.701 | 24.835 | 25.12 | 496 | 1°25′ |
| | | | 1.5 | 26.026 | 25.376 | 25.59 | 514 | 1°3′ |
| | | | 1 | 26.350 | 25.918 | 26.06 | 533 | 0°42′ |
| | | | 0.75 | 26.513 | 26.188 | 26.30 | 543 | 0°31′ |
| – | – | (28) | 2 | 26.701 | 25.835 | 26.12 | 536 | 1°22′ |
| | | | 1.5 | 27.026 | 26.376 | 26.59 | 555 | 1°1′ |
| | | | 1 | 27.350 | 26.918 | 27.06 | 575 | 0°40′ |
| 30 | – | – | 3.5 | 27.727 | 26.211 | 26.72 | 561 | 2°18′ |
| | | | (3) | 28.051 | 26.752 | 27.18 | 580 | 1°57′ |
| | | | 2 | 28.701 | 27.835 | 28.12 | 621 | 1°16′ |
| | | | 1.5 | 29.026 | 28.376 | 28.59 | 642 | 0°57′ |
| | | | 1 | 29.350 | 28.918 | 29.06 | 663 | 0°37′ |
| | | | 0.75 | 29.513 | 29.188 | 29.30 | 674 | 0°28′ |
| – | – | (32) | 2 | 30.701 | 29.835 | 30.12 | 712 | 1°1′ |
| | | | 1.5 | 31.026 | 30.376 | 30.59 | 735 | 0°53′ |
| – | 33 | – | 3.5 | 30.727 | 29.211 | 29.72 | 694 | 2°5′ |
| | | | (3) | 31.051 | 29.752 | 30.18 | 715 | 1°46′ |
| | | | 2 | 31.701 | 30.835 | 31.12 | 761 | 1°9′ |
| | | | 1.5 | 32.026 | 31.376 | 31.59 | 784 | 0°51′ |
| | | | 1 | 32.350 | 31.918 | 32.06 | 807 | 0°34′ |
| | | | 0.75 | 32.613 | 32.188 | 32.30 | 819 | 0°25′ |

**Приложение 5**

# УГОЛКИ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ РАВНОПОЛОЧНЫЕ

## СОРТАМЕНТ

Условные обозначения к рисунку 1 и таблице 1:
*b* - ширина полки;
*t* - толщина полки;
*R* - радиус внутреннего закругления;
*r* - радиус закругления полок;
*F*- площадь поперечного сечения;
*I* - момент инерции;
$x_0$ - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;
$I_{xy}$ - центробежный момент инерции;

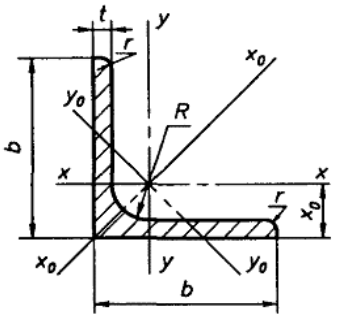



Рисунок 1

**ВЫДЕРЖКИ из ГОСТ 8509-93** Таблица П.5

| Номер уголка | *b* | *t* | *R* | *r* | *F*, см$^2$ | Справочные значения величин для осей | | | | | | | | | | Масса 1 м, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *x* - *x* | | | $x_0$ - $x_0$ | | $y_0$ - $y_0$ | | | $I_{xy}$, см$^4$ | $x_0$, см | |
| | мм | | | | | *Ix*, см$^4$ | *Wx*, см$^3$ | $i_x$, см | $I_{x0}$ *max*, см$^4$ | $i_{x0}$ *max*, см | $I_{y0}$ *min*, см$^4$ | $W_{y0}$, см$^3$ | $i_{y0}$ *min*, см | | | |
| 2 | 20 | 3 | 3,5 | 1,2 | 1,13 | 0,40 | 0,28 | 0,59 | 0,63 | 0,75 | 0,17 | 0,20 | 0,39 | 0,23 | 0,60 | 0,89 |
| | | 4 | 3,5 | 1,2 | 1,46 | 0,50 | 0,37 | 0,58 | 0,78 | 0,73 | 0,22 | 0,24 | 0,38 | 0,28 | 0,64 | 1,15 |
| 2,5 | 25 | 3 | 3,5 | 1,2 | 1,43 | 0,81 | 0,46 | 0,75 | 1,29 | 0,95 | 0,34 | 0,33 | 0,49 | 0,47 | 0,73 | 1,12 |
| | | 4 | 3,5 | 1,2 | 1,86 | 1,03 | 0,59 | 0,74 | 1,62 | 0,93 | 0,44 | 0,41 | 0,48 | 0,59 | 0,76 | 1,46 |
| 3 | 30 | 3 | 4,0 | 1,3 | 1,74 | 1,45 | 0,67 | 0,91 | 2,30 | 1,15 | 0,60 | 0,53 | 0,59 | 0,85 | 0,85 | 1,36 |
| | | 4 | 4,0 | 1,3 | 2,27 | 1,84 | 0,87 | 0,90 | 2,92 | 1,13 | 0,77 | 0,61 | 0,58 | 1,08 | 0,89 | 1,78 |
| 4 | 40 | 3 | 5,0 | 1,7 | 2,35 | 3,55 | 1,22 | 1,23 | 5,63 | 1,55 | 1,47 | 0,95 | 0,79 | 2,08 | 1,09 | 1,85 |
| | | 4 | 5,0 | 1,7 | 3,08 | 4,58 | 1,60 | 1,22 | 7,26 | 1,53 | 1,90 | 1,19 | 0,78 | 2,68 | 1,13 | 2,42 |
| | | 5 | 5,0 | 1,7 | 3,79 | 5,53 | 1,95 | 1,21 | 8,75 | 1,52 | 2,30 | 1,39 | 0,78 | 3,22 | 1,17 | 2,98 |
| 4,5 | 45 | 3 | 5,0 | 1,7 | 2,65 | 5,13 | 1,56 | 1,39 | 8,13 | 1,75 | 2,12 | 1,24 | 0,89 | 3,00 | 1,21 | 2,08 |
| | | 4 | 5,0 | 1,7 | 3,48 | 6,63 | 2,04 | 1,38 | 10,52 | 1,74 | 2,74 | 1,54 | 0,89 | 3,89 | 1,26 | 2,73 |

| Номер уголка | *b* | *t* | *R* | *r* | *F*, см$^2$ | Справочные значения величин для осей | | | | | | | | | | Масса 1 м, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *x* - *x* | | | $x_0$ - $x_0$ | | $y_0$ - $y_0$ | | | $I_{xy}$, см$^4$ | $x_0$, см | |
| | мм | | | | | *Ix*, см$^4$ | *Wx*, см$^3$ | $i_x$, см | $I_{x0}$ *max*, см$^4$ | $i_{x0}$ *max*, см | $I_{y0}$ *min*, см$^4$ | $W_{y0}$, см$^3$ | $i_{y0}$ *min*, см | | | |
| | | 5 | 5,0 | 1,7 | 4,29 | 8,03 | 2,51 | 1,37 | 12,74 | 1,72 | 3,33 | 1,81 | 0,88 | 4,71 | 1,30 | 3,37 |
| 5 | 50 | 3 | 5,5 | 1,8 | 2,96 | 7,11 | 1,94 | 1,55 | 11,27 | 1,95 | 2,95 | 1,57 | 1,00 | 4,16 | 1,33 | 2,32 |
| | | 4 | 5,5 | 1,8 | 3,89 | 9,21 | 2,54 | 1,54 | 14,63 | 1,94 | 3,80 | 1,95 | 0,99 | 5,42 | 1,38 | 3,05 |
| | | 5 | 5,5 | 1,8 | 4,80 | 11,20 | 3,13 | 1,53 | 17,77 | 1,92 | 4,63 | 2,30 | 0,98 | 6,57 | 1,42 | 3,77 |
| | | 6 | 5,5 | 1,8 | 5,69 | 13,07 | 3,69 | 1,52 | 20,72 | 1,91 | 5,43 | 2,63 | 0,98 | 7,65 | 1,46 | 4,47 |
| 5,6 | 56 | 4 | 6,0 | 2,0 | 4,38 | 13,10 | 3,21 | 1,73 | 20,79 | 2,18 | 5,41 | 2,52 | 1,11 | 7,69 | 1,52 | 3,44 |
| | | 5 | 6,0 | 2,0 | 5,41 | 15,97 | 3,96 | 1,72 | 25,36 | 2,16 | 6,59 | 2,97 | 1,10 | 9,41 | 1,57 | 4,25 |
| 6,3 | 63 | 4 | 7,0 | 2,3 | 4,96 | 18,86 | 4,09 | 1,95 | 29,90 | 2,45 | 7,81 | 3,26 | 1,25 | 11,00 | 1,69 | 3,90 |
| | | 5 | 7,0 | 2,3 | 6,13 | 23,10 | 5,05 | 1,94 | 36,80 | 2,44 | 9,52 | 3,87 | 1,25 | 13,70 | 1,74 | 4,81 |
| | | 6 | 7,0 | 2,3 | 7,28 | 27,06 | 5,98 | 1,93 | 42,91 | 2,43 | 11,18 | 4,44 | 1,24 | 15,90 | 1,78 | 5,72 |
| 7 | 70 | 4,5 | 8,0 | 2,7 | 6,20 | 29,04 | 5,67 | 2,16 | 46,03 | 2,72 | 12,04 | 4,53 | 1,39 | 17,00 | 1,88 | 4,87 |
| | | 5 | 8,0 | 2,7 | 6,86 | 31,94 | 6,27 | 2,16 | 50,67 | 2,72 | 13,22 | 4,92 | 1,39 | 18,70 | 1,90 | 5,38 |
| | | 6 | 8,0 | 2,7 | 8,15 | 37,58 | 7,43 | 2,15 | 59,64 | 2,71 | 15,52 | 5,66 | 1,38 | 22,10 | 1,94 | 6,39 |
| | | 7 | 8,0 | 2,7 | 9,42 | 42,98 | 8,57 | 2,14 | 68,19 | 2,69 | 17,77 | 6,31 | 1,37 | 25,20 | 1,99 | 7,39 |
| | | 8 | 8,0 | 2,7 | 10,67 | 48,16 | 9,68 | 2,12 | 76,35 | 2,68 | 19,97 | 6,99 | 1,37 | 28,20 | 2,02 | 8,37 |
| 8 | 80 | 5,5 | 9,0 | 3,0 | 8,63 | 52,68 | 9,03 | 2,47 | 83,56 | 3,11 | 21,80 | 7,10 | 1,59 | 30,90 | 2,17 | 6,78 |
| | | 6 | 9,0 | 3,0 | 9,38 | 56,97 | 9,80 | 2,47 | 90,40 | 3,11 | 23,54 | 7,60 | 1,58 | 33,40 | 2,19 | 7,36 |
| | | 7 | 9,0 | 3,0 | 10,85 | 65,31 | 11,32 | 2,45 | 103,60 | 3,09 | 26,97 | 8,55 | 1,58 | 38,30 | 2,23 | 8,51 |
| | | 8 | 9,0 | 3,0 | 12,30 | 73,36 | 12,80 | 2,44 | 116,39 | 3,08 | 30,32 | 9,44 | 1,57 | 43,00 | 2,27 | 9,65 |
| 9 | 90 | 6 | 10,0 | 3,3 | 10,61 | 82,10 | 12,49 | 2,78 | 130,00 | 3,50 | 33,97 | 9,88 | 1,79 | 48,10 | 2,43 | 8,33 |
| | | 7 | 10,0 | 3,3 | 12,28 | 94,30 | 14,45 | 2,77 | 149,67 | 3,49 | 38,94 | 11,15 | 1,78 | 55,40 | 2,47 | 9,64 |
| | | 8 | 10,0 | 3,3 | 13,93 | 106,11 | 16,36 | 2,76 | 168,42 | 3,48 | 43,80 | 12,34 | 1,77 | 62,30 | 2,51 | 10,93 |
| | | 9 | 10,0 | 3,3 | 15,60 | 118,00 | 18,29 | 2,75 | 186,00 | 3,46 | 48,60 | 13,48 | 1,77 | 68,00 | 2,55 | 12,20 |
| 10 | 100 | 6,5 | 12,0 | 4,0 | 12,82 | 122,10 | 16,69 | 3,09 | 193,46 | 3,89 | 50,73 | 13,38 | 1,99 | 71,40 | 2,68 | 10,06 |
| | | 7 | 12,0 | 4,0 | 13,75 | 130,59 | 17,90 | 3,08 | 207,01 | 3,88 | 54,16 | 14,13 | 1,98 | 76,40 | 2,71 | 10,79 |
| | | 8 | 12,0 | 4,0 | 15,60 | 147,19 | 20,30 | 3,07 | 233,46 | 3,87 | 60,92 | 15,66 | 1,98 | 86,30 | 2,75 | 12,25 |
| | | 10 | 12,0 | 4,0 | 19,24 | 178,95 | 24,97 | 3,05 | 283,83 | 3,84 | 74,08 | 18,51 | 1,96 | 110,00 | 2,83 | 15,10 |
| | | 12 | 12,0 | 4,0 | 22,80 | 208,90 | 29,47 | 3,03 | 330,95 | 3,81 | 86,84 | 21,10 | 1,95 | 122,00 | 2,91 | 17,90 |
| | | 14 | 12,0 | 4,0 | 26,28 | 237,15 | 33,83 | 3,00 | 374,98 | 3,78 | 99,32 | 23,49 | 1,94 | 138,00 | 2,99 | 20,63 |

| Номер уголка | *b* | *t* | *R* | *r* | *F*, см$^2$ | Справочные значения величин для осей | | | | | | | | | | Масса 1 м, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *x* - *x* | | | $x_0$ - $x_0$ | | $y_0$ - $y_0$ | | | $I_{xy}$, см$^4$ | $x_0$, см | |
| | мм | | | | | *Ix*, см$^4$ | *Wx*, см$^3$ | $i_x$, см | $I_{x0}$ *max*, см$^4$ | $i_{x0}$ *max*, см | $I_{y0}$ *min*, см$^4$ | $W_{y0}$, см$^3$ | $i_{y0}$ *min*, см | | | |
| | | 16 | 12,0 | 4,0 | 29,68 | 263,82 | 38,04 | 2,98 | 416,04 | 3,74 | 111,61 | 25,79 | 1,94 | 152,00 | 3,06 | 23,30 |
| 11 | 110 | 7 | 12,0 | 4,0 | 15,15 | 175,61 | 21,83 | 3,40 | 278,54 | 4,29 | 72,68 | 17,36 | 2,19 | 106,00 | 2,96 | 11,89 |
| | | 8 | 12,0 | 4,0 | 17,20 | 198,17 | 24,77 | 3,39 | 314,51 | 4,28 | 81,83 | 19,29 | 2,18 | 116,00 | 3,00 | 13,50 |
| 12,5 | 125 | 8 | 14,0 | 4,6 | 19,69 | 294,36 | 32,20 | 3,87 | 466,76 | 4,87 | 121,98 | 25,67 | 2,49 | 172,00 | 3,36 | 15,46 |
| | | 9 | 14,0 | 4,6 | 22,00 | 327,48 | 36,00 | 3,86 | 520,00 | 4,86 | 135,88 | 28,26 | 2,48 | 192,00 | 3,40 | 17,30 |
| | | 10 | 14,0 | 4,6 | 24,33 | 359,82 | 39,74 | 3,85 | 571,04 | 4,84 | 148,59 | 30,45 | 2,47 | 211,00 | 3,45 | 19,10 |
| | | 12 | 14,0 | 4,6 | 28,89 | 422,23 | 47,06 | 3,82 | 670,02 | 4,82 | 174,43 | 34,94 | 2,46 | 248,00 | 3,53 | 22,68 |
| | | 14 | 14,0 | 4,6 | 33,37 | 481,76 | 54,17 | 3,80 | 763,90 | 4,78 | 199,62 | 39,10 | 2,45 | 282,00 | 3,61 | 26,20 |
| | | 16 | 14,0 | 4,6 | 37,77 | 538,56 | 61,09 | 3,78 | 852,84 | 4,75 | 224,29 | 43,10 | 2,44 | 315,00 | 3,68 | 29,65 |
| 14 | 140 | 9 | 14,0 | 4,6 | 24,72 | 465,72 | 45,55 | 4,34 | 739,42 | 5,47 | 192,03 | 35,92 | 2,79 | 274,00 | 3,76 | 19,41 |
| | | 10 | 14,0 | 4,6 | 27,33 | 512,29 | 50,32 | 4,33 | 813,62 | 5,46 | 210,96 | 39,05 | 2,78 | 301,00 | 3,82 | 21,45 |
| | | 12 | 14,0 | 4,6 | 32,49 | 602,49 | 59,66 | 4,31 | 956,98 | 5,43 | 248,01 | 44,97 | 2,76 | 354,00 | 3,90 | 25,50 |
| 16 | 160 | 10 | 16,0 | 5,3 | 31,43 | 774,24 | 66,19 | 4,96 | 1229,10 | 6,25 | 319,33 | 52,52 | 3,19 | 455,00 | 4,30 | 24,67 |
| | | 11 | 16,0 | 5,3 | 34,42 | 844,21 | 72,44 | 4,95 | 1340,06 | 6,24 | 347,77 | 56,53 | 3,18 | 496,00 | 4,35 | 27,02 |
| | | 12 | 16,0 | 5,3 | 37,39 | 912,89 | 78,62 | 4,94 | 1450,00 | 6,23 | 375,78 | 60,53 | 3,17 | 537,00 | 4,39 | 29,35 |
| | | 14 | 16,0 | 5,3 | 43,57 | 1046,47 | 90,77 | 4,92 | 1662,13 | 6,20 | 430,81 | 68,15 | 3,16 | 615,00 | 4,47 | 34,20 |
| | | 16 | 16,0 | 5,3 | 49,07 | 1175,19 | 102,64 | 4,89 | 1865,73 | 6,17 | 484,64 | 75,92 | 3,14 | 690,00 | 4,55 | 38,52 |
| | | 18 | 16,0 | 5,3 | 54,79 | 1290,24 | 114,24 | 4,87 | 2061,03 | 6,13 | 537,46 | 82,08 | 3,13 | 771,00 | 4,63 | 43,01 |
| | | 20 | 16,0 | 5,3 | 60,40 | 1418,85 | 125,60 | 4,85 | 2248,26 | 6,10 | 589,43 | 90,02 | 3,12 | 830,00 | 4,70 | 47,41 |
| 18 | 180 | 11 | 16,0 | 5,3 | 38,80 | 1216,44 | 92,47 | 5,60 | 1933,10 | 7,06 | 499,78 | 72,86 | 3,59 | 716,00 | 4,85 | 30,47 |
| | | 12 | 16,0 | 5,3 | 42,19 | 1316,62 | 100,41 | 5,59 | 2092,78 | 7,04 | 540,45 | 78,15 | 3,58 | 776,00 | 4,89 | 33,12 |
| 20 | 200 | 12 | 18,0 | 6,0 | 47,10 | 1822,78 | 124,61 | 6,22 | 2896,16 | 7,84 | 749,40 | 98,68 | 3,99 | 1073,00 | 5,37 | 36,97 |
| | | 13 | 18,0 | 6,0 | 50,85 | 1960,77 | 134,44 | 6,21 | 3116,18 | 7,83 | 805,35 | 105,07 | 3,98 | 1156,00 | 5,42 | 39,92 |
| | | 14 | 18,0 | 6,0 | 54,60 | 2097,00 | 144,17 | 6,20 | 3333,00 | 7,81 | 861,00 | 111,50 | 3,97 | 1236,00 | 5,46 | 42,80 |
| | | 16 | 18,0 | 6,0 | 61,98 | 2362,57 | 163,37 | 6,17 | 3755,39 | 7,78 | 969,74 | 123,77 | 3,96 | 1393,00 | 5,54 | 48,65 |
| | | 20 | 18,0 | 6,0 | 76,54 | 2871,47 | 200,37 | 6,12 | 4860,42 | 7,72 | 1181,92 | 146,62 | 3,93 | 1689,00 | 5,70 | 60,08 |
| | | 25 | 18,0 | 6,0 | 94,29 | 3466,21 | 245,59 | 6,06 | 5494,04 | 7,63 | 1438,38 | 172,68 | 3,91 | 2028,00 | 5,89 | 74,02 |

| Номер уголка | *b* | *t* | *R* | *r* | *F*, см$^2$ | Справочные значения величин для осей | | | | | | | | | | Масса 1 м, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *x* - *x* | | | $x_0$ - $x_0$ | | $y_0$ - $y_0$ | | | $I_{xy}$, см$^4$ | $x_0$, см | |
| | мм | | | | | *Ix*, см$^4$ | *Wx*, см$^3$ | $i_x$, см | $I_{x0}$ *max*, см$^4$ | $i_{x0}$ *max*, см | $I_{y0}$ *min*, см$^4$ | $W_{y0}$, см$^3$ | $i_{y0}$ *min*, см | | | |
| | | 30 | 18,0 | 6,0 | 111,54 | 4019,60 | 288,57 | 6,00 | 6351,05 | 7,55 | 1698,16 | 193,06 | 3,89 | 2332,00 | 6,07 | 87,56 |
| 22 | 220 | 14 | 21,0 | 7,0 | 60,38 | 2814,36 | 175,18 | 6,83 | 4470,15 | 8,60 | 1158,56 | 138,62 | 4,38 | 1655,00 | 5,91 | 47,40 |
| | | 16 | 21,0 | 7,0 | 68,58 | 3175,44 | 198,71 | 6,80 | 5045,37 | 8,58 | 1305,52 | 153,34 | 4,36 | 1869,00 | 6,02 | 53,83 |

Примечания:

1 Площадь поперечного сечения и справочные величины вычислены по номинальным размерам. Плотность стали - 7,85 г/см$^3$.

2 Радиусы закругления, указанные на рисунке 1 и в таблице 1, даны для построения калибра и на профиле не контролируются.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. ГОСТ 23360-78. Призматическая шпонка.
2. ГОСТ 24071-80. Сегментная шпонка.
3. ГОСТ 1139-80. Соединения шлицевые прямобочные.
4. ГОСТ 9150-80. Метрическая резьба.
5. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений. – 12-е изд., переработ. – М.: Высш. шк., 2008. –408 с.: ил.
6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. Учебн.пособие для студ. техн. спец. вузов. 11 изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с.
7. Леликов О.П. Валы и опоры с подшипниками качения. Конструирование и расчёт. Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 640 с.
8. Шейнблинт А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. – Калининград: изд. «Янтарный сказ», 2004,-454 с.
9. Ахлюстина Н.В. Расчёт соединений деталей машин. Учебное пособие и задания по разделу дисциплины “Детали машин и основы конструирования” для студентов очного и заочного обучения направления 651600 - «Технологические машины и оборудование». Екатеринбург; издание УГГГА, 2008. - 3,5 п.л.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**по дисциплине:**

# Б1.В.09.03 СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

Специальность

***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)

***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: [Кузнецов А.М. старший преподаватель]

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Безопасность горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## Оглавление

1. Цель и задачи курсовой работы ..... 3
2. Указание по выполнению курсовой работы ..... 8
3. Порядок выполнения курсовой работы ..... 9
3.1. Ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте ..... 9
3.2. Подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности. ..... 9
3.3. Оценка условий труда. ..... 9
4. Оформление курсовой работы. ..... 10
5. Варианты заданий ..... 11
5.1. Перечень рабочих мест, подлежащих специальной оценку труда. ..... 12
6. Карта СОУТ ..... 15
7. Протоколы факторов производственной среды и трудового процесса ..... 15
8. Сводная ведомость результатов проведения СОУТ ..... 32
Список рекомендованной литературы: ..... 33

# 1. Цель и задачи курсовой работы

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА (СОУТ) – это единый комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения фактических значений от установленных нормативов (гигиенических нормативов) условий труда, применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

В зависимости от значений, воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов, условия труда на рабочих местах могут относиться к следующим классам:

Оптимальными условиями труда (1 класс) являются условия труда, при которых воздействие на работника вредных и (или) опасных производственных факторов отсутствует или уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда и принятые в качестве безопасных для человека, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника.

Допустимыми условиями труда (2 класс) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Вредными условиями труда (3 класс) являются условия труда, при которых уровни воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, в том числе:

- подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается риск повреждения здоровья;
- подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);
- подкласс 3.3 (вредные условия труда 3 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности;

• подкласс 3.4 (вредные условия труда 4 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны привести к появлению и развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности) в период трудовой деятельности.

Опасными условиями труда (4 класс) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых в течение всего рабочего дня (смены) или его части способны создать угрозу жизни работника, а последствия воздействия данных факторов обусловливают высокий риск развития острого профессионального заболевания в период его воздействия.

*Проведение специальной оценки условий труда*

С 01.01.2014 года вступил в силу Федеральный закон от 28.12.13 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

СОУТ по условиям труда проводится на рабочих местах для выявления вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для внедрения мероприятий по приведению условий труда в соответствие с требованиями нормативных правовых актов по охране труда.

В соответствии с требованиями статьи 212 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить проведение оценки условий труда.

СОУТ подлежат все имеющиеся в организации рабочие места, кроме работающих на дому, дистанционных работников и тех работников, кто трудятся у физических лиц, не являющихся предпринимателями.

СОУТ проводится исходя из требования, что каждое рабочее место должно оцениваться не реже 1 раза в 5 лет. Этот срок начинается считаться от даты завершения проведения предыдущей оценки. Однако если рабочее место организовано вновь, СОУТ должна быть начата не позднее чем через 60 рабочих дней после ввода такого места в эксплуатацию.

Документы по СОУТ рекомендуется хранить не менее 45 лет и не менее 75 лет если выявлены тяжелые, вредные или опасные условия труда.

Специальная оценка условий труда проходит в несколько этапов:

1 этап является подготовительным. Работодатель создает комиссию по проведению СОУТ, в состав которой входят работодатель, специалист по охране труда представители профсоюзной организации работников и другие лица. При этом, эксперты, проводящие СОУТ в состав комиссии не входят. Утверждается график проведения СОУТ, а также перечень рабочих мест, где будет проводится СОУТ, с учетом аналогичных рабочих мест.

2 этап это идентификация возможных вредных или опасных производственных факторов. Ее можно разбить на 2 подэтапа:

- установление и описание имеющихся на рабочем месте факторов производственной среды и трудового процесса, и установление источников этих факторов;
- сравнение и установление совпадения имеющихся на рабочем месте факторов с факторами, указанными в Классификаторе вредных и (или) опасных производственных факторов.

Рисунок 1. Процедура проведения СОУТ

Идентификацию факторов проводит эксперт по СОУТ организации, с которой заключен договор. Все выявленные возможные опасные и вредные факторы подлежат измерениям, а условия труда на рабочих местах, где не выявлены опасные и вредные факторы, оцениваются как допустимые.

Результаты идентификации вредных и опасных факторов утверждаются комиссией и заносятся в Перечень рабочих мест, на которых проводилась СОУТ.

НЕ подлежат идентификации рабочие места, на которых работникам:

- досрочно назначается трудовая пенсия по старости;
- предоставляются гарантии и компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, а также рабочие места, по результатам ранее проведенных аттестации рабочих мест по условиям труда или специальной оценки условий труда были установлены вредные и (или) опасные условия труда.

На 3 этапе проводятся исследования выявленных вредных и опасных условий труда на рабочих местах в виде замеров. Замеры проводит аккредитованная испытательная лаборатория той организации, которая проводит специальную оценку условий труда.

Исследования и измерения проводят в ходе осуществление производственных или технологических процессов.

По согласованию с экспертной организацией, в качестве результатов исследований могут быть приняты результаты производственного контроля, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией не позднее, чем за 6 месяцев до начала проведения СОУТ.

Результаты измерений по каждому фактору оформляются протоколом.

4 этап - это декларирование соответствия условий труда.

Декларирование условий труда проводится в соответствии с действующими нормативами и требованиями в области охраны труда. Декларация условий труда оформляется только в отношении тех рабочих мест, на которых по итогам идентификации не были выявлены потенциально вредные и (или) опасные факторы.

Декларация СОУТ подается работодателем в территориальный орган Государственной инспекции труда (ГИТ), который ведет Реестр деклараций соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда.

Срок действия Декларации СОУТ - 5 лет с момента утверждения Отчета о проведении СОУТ.

В случае отсутствия у работодателя несчастных случаев и профессиональных заболеваний, действие Декларации автоматически пролонгируется на последующие 5 лет.

На пятом этапе проводится отнесение условий труда на рабочих местах по степени вредности и опасности к соответствующим классам и подклассам.

Методика СОУТ подробно описывает как относятся условия труда к классам и подклассам в зависимости от воздействия:

- химического фактора
- биологического фактора
- аэрозолей преимущественно фиброгенного действия
- виброакустических факторов
- параметров микроклимата
- световой среды
- неионизирующих излучений
- ионизирующего излучения
- тяжесть трудового процесса
- напряженность трудового процесса

Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте, установленный по наиболее высокому классу (подклассу) вредности (опасности) может быть снижен за счет применения более эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ). Однако, стоит отметить, что методика снижения подклассов и классов за счет эффективных СИЗ до сих пор не утверждена на государственном уровне.

6 этап - оформление результатов специальной оценки условий труда (рисунок 2).

Организация, проводящая СОУТ, формирует Отчет о проведении СОУТ условий труда, который включает в себя:

- сведения об организации, кто проводил СОУТ с копиями разрешительных документов;
- перечень рабочих мест, на которых проводилась СОУТ с указанием замеряемых факторов;
- карты СОУТ с указанием класса (подкласса) условий труда на рабочем месте;
- протоколы замеров и исследований вредных и опасных факторов;
- сводная ведомость СОУТ;
- заключения эксперта, проводящего СОУТ;

- при необходимости перечень мероприятия по улучшению условий труда на рабочих местах.

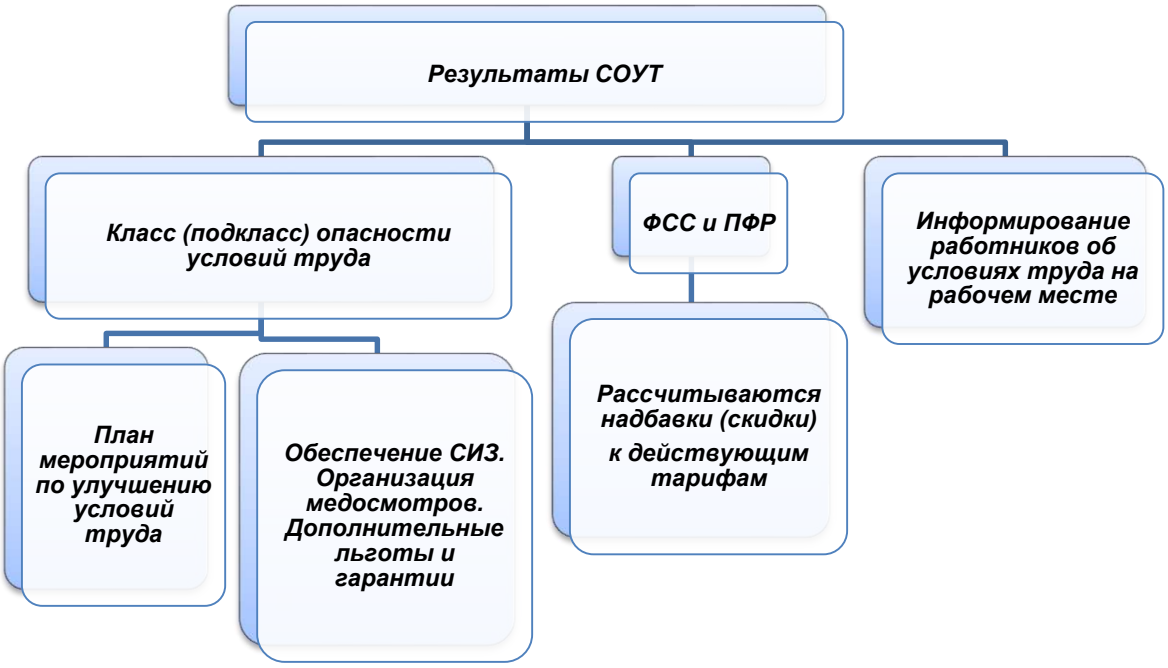



Рисунок 2. Применение результатов специальной оценки условий труда

Отчет утверждается председателем Комиссии и подписывается всеми членами комиссии по СОУТ. После этого в срок не больше 30 календарных дней работодатель обязан знакомить работников с результатами СОУТ на их рабочих местах под роспись.

Результаты СОУТ передаются в Федеральную государственную информационную систему (ФГИС) учета результатов проведения специальной оценки условий труда. Это требование нормативных документов осуществляет организация, что провела СОУТ, в течение 10 рабочих дней с даты утверждения отчета о проведении СОУТ.

Цель курсовой работы: закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по оценке условий труда и оформлению результатов СОУТ.

Задачи курсовой работы:

- изучение нормативных правовых документов, регламентирующих СОУТ;
- приобретение навыков работы с нормативными правовыми актами по охране труда;
- приобретение навыков оформления материалов СОУТ.

## 2. Указание по выполнению курсовой работы

Задание на курсовую работу выдается преподавателем (варианты заданий представлены в соответствующем разделе данных указаний). Задание может быть выдано на основании материалов технологической практики или практики по получению опыта профессиональной деятельности. В процессе выполнения работы задание может уточняться и конкретизироваться преподавателем в отношении характера и условий труда работника, а также специфики предприятия, на котором находится рабочее место.

Работа заключается:

- в составлении номенклатуры вредных и опасных производственных факторов;
- гигиенической оценке условий труда;
- оценке обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- определении льгот и компенсаций за вредные и опасные условия труда;
- выявление ограничений на использование труда отдельных категорий работников;
- составлении карты СОУТ.

Порядок выполнения курсовой работы:

- ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте;
- подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности;
- обработка, систематизация и анализ данных;
- составление протоколов обследования и заполнения карты СОУТ;
- разработка рекомендаций по улучшению условий труда на рабочем месте (при необходимости);
- оформление отчета по курсовой работе;
- защита курсовой работы.

# 3. Порядок выполнения курсовой работы

## 3.1. Ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте

В соответствии с заданным вариантом задания по ЕТКС (КС) необходимо выделить квалификационную характеристику должности или профессии работника, занятого на рабочем месте. Кроме того, при выполнении работы необходимо учитывать сведения, полученные в ходе прохождения технологической практики или практики по получению опыта профессиональной деятельности, а также при изучении учебных дисциплин.

Необходимо знать основные функции работника, иметь общее представление об оборудовании и производственных процессах.

На этом этапе выполнения работы составляется номенклатура вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, которая согласовывается с руководителем работы.

## 3.2. Подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности.

В зависимости от номенклатура вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, а также характеристики рабочего места, составляется перечень нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности и необходимые для оценки условий труда.

## 3.3. Оценка условий труда.

Исходные данные, представляющие собой фактические значения параметров производственной среды и трудового процесса, приводятся в виде протоколов обследования рабочих мест (формы протоколов приведены в разделе 6).

Время воздействия производственного фактора студент устанавливает самостоятельно.

По каждому фактору производственной среды определяется класс условий труда в следующем порядке:

1. устанавливается предельно-допустимый уровень вредного фактора.
2. рассчитывается превышение фактического уровня воздействия фактора над нормативным.
3. по гигиеническим критериям устанавливается класс условий труда.

Карта СОУТ оформляется в соответствии с разделом 7.

# 4. Оформление курсовой работы.

Титульный лист курсовой работы оформляется в соответствии с требованиями университета.

Отчет по курсовой работе выполняется в машинописном виде.

Содержание отчета по курсовой работе:

- введение
- общую характеристику выполняемой работы и рабочего места, а также подробную номенклатуру вредных и опасных производственных факторов;
- перечень рабочих мест подлежащих СОУТ;
- карта СОУТ;
- протоколы оценки факторов производственной среды и трудового процесса;
- протокол оценки обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- сводная ведомость результатов СОУТ;
- заключение, включающее рекомендации по улучшению условий труда и социальной защиты работающих;
- перечень нормативных правовых актов, использованных при выполнении курсовой работы;

## 5. Варианты заданий

1. Рабочее место аккумуляторщика;
2. Рабочее место взрывника;
3. Рабочее место газорезчика;
4. Рабочее место заточника;
5. Рабочее место крепильщика;
6. Рабочее место кузнеца на молотах и прессах;
7. Рабочее место помощника машиниста буровой установки;
8. Рабочее место машинист горных выемочных машин;
9. Рабочее место машиниста насосных установок;
10. Рабочее место машиниста экскаватора (ЭГК-8);
11. Рабочее место машиниста бульдозера;
12. Рабочее место слесаря по контрольно-измерительным приборам и автоматике;
13. Рабочее место токаря;
14. Рабочее место огнеупорщика;
15. Рабочее место шлифовщика;
16. Рабочее место дорожно-путевого рабочего;
17. Рабочее место машиниста электровоза;
18. Рабочее место машиниста конвейера;
19. Рабочее место водителя погрузчика;
20. Рабочее место дробильщика;
21. Рабочее место лаборанта химического анализа;
22. Рабочее место машиниста крана (крановщик);
23. Рабочее место слесаря по ремонту автомобилей;
24. Рабочее место слесаря-ремонтника;
25. Рабочее место фрезеровщика;
26. Рабочее место проходчика;
27. Рабочее место термиста;
28. Рабочее место бурильщика шпуров;
29. Рабочее место грохотовщика;
30. Рабочее место полировщика;
31. Рабочее место машиниста компрессорной установки;
32. Рабочее место резчика труб и заготовок;
33. Рабочее место водителя грузового автомобиля;
34. Рабочее место горнорабочего очистного забоя;
35. Рабочее место столяра.

# 5.1. Перечень рабочих мест, подлежащих специальной оценку труда.

Наименование организации: _____

| Индивидуальный номер рабочего места | Наименование рабочего места и источников вредныхи (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса | Численность работников, занятых на данном рабочем месте (чел.) | Наличие аналогичного рабочего места (рабочих мест) | Наименование вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и продолжительность их воздействия на работника в течение рабочего дня (смены) (час.) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Физические факторы | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | химический фактор | биологический фактор | аэрозоли преимущественно фиброгенного действия | шум | инфразвук | ультразвук воздушный | вибрация общая | вибрация локальная | электромагнитные поля фактора неионизирующие поля и излучения | ультрафиолетовое излучение фактора неионизирующие поля и излучения | лазерное излучение фактора неионизирующие поля и излучения | ионизирующие излучения | микроклимат | световая среда | тяжесть трудового процесса | напряженность трудового процесса |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| (должность) | (подпись) | Ф.И.О. | (дата) |

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| (должность) | (подпись) | Ф.И.О. | (дата) |

Эксперт(-ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| (должность) | (подпись) | Ф.И.О. | (дата) |

# 6. Карта СОУТ

| |
|---|
| (полное наименование работодателя) |
| (адрес места нахождения работодателя, фамилия, имя, отчество руководителя, адрес электронной почты) |

| ИНН работодателя | Код работодателя по ОКПО | Код органа государственной власти по ОКОГУ | Код вида экономической деятельности по ОКВЭД | Код территории по ОКТМО |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**КАРТА №**
**специальной оценки условий труда**

(наименование профессии (должности) работника) (код по ОК 016-94)

Наименование структурного подразделения:
Количество и номера аналогичных рабочих мест:

**Строка 010.** Выпуск Е0ТКС, ЕКС _____
(выпуск, раздел, дата утверждения)

**Строка 020.** Численность работающих:

| | |
|---|---|
| на рабочем месте | |
| на всех аналогичных рабочих местах | |
| из них: | |
| женщин | |
| лиц в возрасте до 18 лет | |
| инвалидов, допущенных к выполнению работ на данном рабочем месте | |

**Строка 021.** СНИЛС работников:

| |
|---|
| |

**Строка 022.** Используемое оборудование:
Используемые материалы и сырье:

**Строка 030.** Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам:

| Наименование факторов производственной среды и трудового процесса | Класс (подкласс) условий труда | Эффективность СИЗ*, +/-/не оценивалась | Класс (подкласс) условий труда при эффективном использовании СИЗ |
|---|---|---|---|
| Химический | | | |
| Биологический | | | |
| Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия | | | |
| Шум | | | |
| Инфразвук | | | |
| Ультразвук воздушный | | | |
| Вибрация общая | | | |
| Вибрация локальная | | | |
| Неионизирующие излучения | | | |
| Ионизирующие излучения | | | |
| Параметры микроклимата | | | |
| Параметры световой среды | | | |
| Тяжесть трудового процесса | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Напряженность трудового процесса | | | |
| **Итоговый класс (подкласс) условий труда** | | не заполняется | |

* Средства индивидуальной защиты

**Строка 040.** Гарантии и компенсации, предоставляемые работнику (работникам), занятым на данном рабочем месте

| № п/п | Виды гарантий и компенсаций | Фактическое наличие | По результатам оценки условий труда | |
|---|---|---|---|---|
| | | | необходимость в установлении (да, нет) | основание |
| 1. | Повышенная оплата труда работника (работников) | | | |
| 2. | Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск | | | |
| 3. | Сокращенная продолжительность рабочего времени | | | |
| 4. | Молоко или другие равноценные пищевые продукты | | | |
| 5. | Лечебно - профилактическое питание | | | |
| 6. | Право на досрочное назначение страховой пенсии | | | |
| 7. | Проведение медицинских осмотров | | | |

**Строка 050.** Рекомендации по улучшению условий труда, по режимам труда и отдыха, по подбору работников:

Дата составления:

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

| (должность) | (подпись) | Ф.И.О. | (дата) |
|---|---|---|---|

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

| (должность) | (подпись) | Ф.И.О. | (дата) |
|---|---|---|---|

Эксперт(-ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

| (№ в реестре экспертов) | (подпись) | (Ф.И.О.) | (дата) |
|---|---|---|---|

С результатами специальной оценки условий труда ознакомлен(ы)

| (подпись) | (Ф.И.О. работника) | (дата) |
|---|---|---|

# 7. Протоколы факторов производственной среды и трудового процесса

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

## ПРОТОКОЛ
## проведения исследований (испытаний) и измерений химического фактора

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Наименование вещества (рабочей зоны) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс опасности | Класс условий труда | Время воздействия, %* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

Количественный химический анализ выполнен –

* Данные предоставлены заказчиком.

**7. Заключение:**

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений биологического фактора**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Биологический фактор (рабочая зона) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время пребывания, %* |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

* Данные предоставлены заказчиком.

**7. Заключение:**
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений аэрозолей преимущественно фиброгенного действия**

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Наименование вещества (рабочей зоны) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс опасности | Класс условий труда | Время воздействия, %* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Количественный анализ выполнен –
* Данные предоставлены заказчиком.

**7. Заключение:**

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений шума**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Сведения об источнике шума:**
- источник шума;

**7. Измеренные величины показателей шума на рабочем месте:**

| Наименование рабочей зоны (точки измерения) | Уровень звука, дБА | Время воздействия, %* |
|---|---|---|
| | | |

**8. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Фактор | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда |
|---|---|---|---|
| | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

**9. Заключение:**
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений инфразвука**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Сведения об источнике инфразвука:**
- источник инфразвука;

**7. Измеренные величины показателей инфразвука на рабочем месте:**

| Наименование рабочей зоны (точки измерения) | Общий уровень звукового давления, дБЛин | Время воздействия, %* |
|---|---|---|

**8. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Фактор | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда |
|---|---|---|---|

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

**9. Заключение:**
- заключение;
- класс условий труда -

**10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| | |
|---|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) | |
| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений воздушного ультразвука**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Сведения об источнике ультразвука:**
- источник ультразвука;

**7. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень звукового давления, дБ»:**

| Источник ультразвука, место измерения (среднегеометрическая частота, кГц) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время воздействия, %* |
|---|---|---|---|---|

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

**9. Заключение:**
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений вибрации**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Вид вибрации:**

**7. Сведения об источнике вибрации:**

**8. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень виброускорения, дБ»:**

| Наименование измеряемых параметров (рабочей зоны) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время пребывания, %* |
|---|---|---|---|---|

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности виброметра проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

**9. Заключение:**
- заключение;
- класс условий труда

**10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений вибрации**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Вид вибрации:**

**7. Сведения об источнике вибрации:**

**8. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень виброускорения, дБ»:**

| Наименование измеряемых параметров (рабочей зоны) | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время пребывания, %* |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности виброметра проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

**9. Заключение:**
- заключение;
- класс условий труда -

**10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений ультрафиолетового излучения**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Рабочая зона, фактор | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время воздействия, мин |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

**7. Заключение:**
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

**ПРОТОКОЛ**
**проведения исследований (испытаний) и измерений ионизирующего излучения**
№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**5. Персонал:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Фактор, ед. измерения | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время пребывания, %* |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
* Данные предоставлены заказчиком.

7. **Заключение**:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

## ПРОТОКОЛ
## проведения исследований (испытаний) и измерений микроклимата

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Наименование измеряемых параметров, рабочей поверхности | Высота измерения, м | Результаты измерений по высотам | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда | Время пребывания, %* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

* Данные предоставлены заказчиком.

**7. Заключение:**

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

# ПРОТОКОЛ
## проведения исследований (испытаний) и измерений световой среды

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Условия проведения измерений:**

| Наименование рабочей зоны | Напряжение сети, В ($U_1/U_2$) |
|---|---|
| | |

**7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Наименование измеряемых параметров, рабочей поверхности | Фактическое значение | $U_{0.95}$ | Нормативное значение | Класс условий труда | Время, %* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

$U_{0.95}$ - расширенная неопределенность (P=0.95).

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

* Данные предоставлены заказчиком.

**8. Заключение**:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

## ПРОТОКОЛ
## проведения исследований (испытаний) и измерений тяжести трудового процесса

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Краткое описание выполняемой работы:**

- описание работы;

**7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Показатели тяжести трудового процесса | Фактическое значение тяжести трудового процесса | Допустимое значение тяжести трудового процесса | Класс условий труда |
|---|---|---|---|
| **1.Физическая динамическая нагрузка за рабочий день (смену), кг•м** | | | |
| 1.1. При региональной нагрузке при перемещении груза на расстояние до 1 м: | | | |
| для женщин | | | |
| 1.1.1. Расстояние перемещения (м) | | | |
| 1.1.2. Количество перемещений (раз) | | | |
| **1.2. При общей нагрузке** | | | |
| 1.2.1. При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м | | | |
| для женщин | | | |
| 1.2.1.1. Расстояние перемещения (м) | | | |
| 1.2.1.2. Количество перемещений (раз) | | | |
| **1.2.2. При перемещении груза на расстояние более 5 м** | | | |
| для женщин | | | |
| 1.2.2.1. Расстояние перемещения (м) | | | |
| 1.2.2.2. Количество перемещений (раз) | | | |
| **1.3. Общая физическая динамическая нагрузка** | | | |
| для женщин | | | |

| Показатели тяжести трудового процесса | Фактическое значение тяжести трудового процесса | Допустимое значение тяжести трудового процесса | Класс условий труда |
|---|---|---|---|
| 1.3.1 Среднее расстояние перемещения груза ( в м.) | | | |
| **2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг** | | | |
| 2.1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до2-х раз в час): | | | |
| для женщин | | | |
| 2.2. Подъем и перемещение тяжести постоянно в течение рабочего дня (смены) (более 2 раз в час): | | | |
| для женщин | | | |
| 2.3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, в том числе | | | |
| 2.3.1. С рабочей поверхности | | | |
| для женщин | | | |
| 2.3.2. С пола | | | |
| для женщин | | | |
| **3. Стереотипные рабочие движения, количество за рабочий день (смену), единиц** | | | |
| 3.1. При локальной нагрузке | | | |
| 3.2. При региональной нагрузке | | | |
| **4. Статическая нагрузка - величина статической нагрузки за рабочий день (смену) при удержании груза, приложении усилий, кгс•с)** | | | |
| 4.1. Одной рукой | | | |
| для женщин | | | |
| 4.2. Двумя руками: | | | |
| для женщин | | | |
| 4.3. С участием мышц корпуса и ног | | | |
| для женщин | | | |
| 4.4. Общая статическая нагрузка | | | |
| для женщин | | | |
| **5. Рабочая поза (рабочее положение тела работника в течение рабочего дня (смены)), % смены** | | | |
| 5.1. Свободная | | | |
| 5.2. Стоя | | | |
| 5.3. Неудобная | | | |
| 5.4. Фиксированная | | | |
| 5.5. Вынужденная | | | |
| 5.6. Поза «сидя» без перерывов | | | |
| **6. Наклоны корпуса** | | | |
| Наклоны корпуса тела работника более $30^{O}$, количество за рабочий день (смену) | | | |
| **7. Перемещения работника в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км** | | | |
| 7.1. По горизонтали | | | |
| 7.2. По вертикали | | | |
| 7.3. Суммарное перемещение | | | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

## 8. Заключение:

- заключение;
- класс условий труда -

## 9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

| |
|---|
| (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда) |

| Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц | Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице |
|---|---|
| | |

# ПРОТОКОЛ
## проведения исследований (испытаний) и измерений напряженности трудового процесса

№ _____
(идентификационный номер протокола)

**1.1. Дата проведения измерений (оценки):**

**1.2. Дата утверждения протокола:**

**2. Сведения о работодателе:**

2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

**3. Сведения о рабочем месте:**

3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

**4. Сведения о средствах измерения:**

| Наименование средства измерения | Заводской номер | № свидетельства | Действительно до: |
|---|---|---|---|
| | | | |

**5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:**

**6. Краткое описание выполняемой работы:**

- описание работы;

**7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

| Показатели напряженности трудового процесса | Фактическое значение показателя | Предельно допустимое значение показателя | Класс условий труда |
|---|---|---|---|
| **Сенсорные нагрузки** | | | |
| Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 ч работы, ед. | | до 175 | |
| Число производственных объектов одновременного наблюдения, ед. | | до 10 | |
| Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) (% времени смены) | | до 50 | |
| Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю), час | | до 20 | |
| **Монотонность нагрузок** | | | |
| Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях, ед. | | более 6 | |
| Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены) | | менее 80 | |

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

**8. Заключение:**

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

**9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:**

| (№ в реестре экспертов) | (должность) | (подпись) | (Ф.И.О.) |
|---|---|---|---|

**ПРОТОКОЛ**

оценки эффективности средств индивидуальной защиты на рабочем месте

**№ _____**

(идентификационный номер протокола

1. Дата проведения оценки: _____

2. Основание для выдачи работнику средств индивидуальной защиты (СИЗ):

_____

(наименование Типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, вид нормативного акта, наименование федерального органа исполнительной власти, его принявшего, дата и номер)

3. Результаты оценки обеспеченности работников СИЗ:

| № п/п | Перечень СИЗ, положенных работнику согласно действующим требованиям | Наличие СИЗ у работника (есть, нет) | Наличие сертификата или декларации соответствия (номер и срок действия) |
|---|---|---|---|
| | | | |

4. Наличие заполненной в установленном порядке личной карточки учета (СИЗ) _____

(да, нет)

5. Результаты оценки защищенности работников СИЗ:

| Наименование вредного и (или) опасного фактора производственной среды и трудового процесса | Наименование имеющегося СИЗ, обеспечивающего защиту |
|---|---|
| | |

6 Результаты оценки эффективности выданных работнику СИЗ:

_____

(положительная, отрицательная)

7. Итоговая оценка:

а) по обеспеченности работников СИЗ:

_____

(рабочее место соответствует, не соответствует требованиям обеспеченности работников СИЗ)

б) по защищенности работников СИЗ: _____

(рабочее место защищено, незащищено СИЗ)

в) по оценке эффективности выданных работнику СИЗ:

_____

(на рабочем месте эффективно, неэффективно используются СИЗ)

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| Должность | подпись | Ф.И.О. | дата |

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| Должность | подпись | Ф.И.О. | дата |

Эксперт (ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

| _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|
| (№ в реестре экспертов) | подпись | Ф.И.О. | дата |

# 8. Сводная ведомость результатов проведения специальной оценки условий труда

Наименование организации:

Таблица 1

| Наименование | Количество рабочих мест и численность работников, занятых на этих рабочих местах | | Количество рабочих мест и численность занятых на них работников по классам (подклассам) условий труда из числа рабочих мест, указанных в графе 3 (единиц) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | класс 3 | | | | класс 4 |
| | всего | в том числе на которых проведена специальная оценка условий труда | класс 1 | класс 2 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Рабочие места (ед.) | | | | | | | | | |
| Работники, занятые на рабочих местах (чел.) | | | | | | | | | |
| из них женщин | | | | | | | | | |
| из них лиц в возрасте до 18 лет | | | | | | | | | |
| из них инвалидов | | | | | | | | | |

Таблица 2

| Индивидуальный номер рабочего места | Профессия/ должность/ специальность работника | Классы (подклассы) условий труда | | | | | | | | | | | | | | Итоговый класс (подкласс) условий труда | Итоговый класс (подкласс) условий труда с учетом эффективного применения СИЗ | Повышенный размер оплаты труда (да,нет) | Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (да/нет) | Сокращенная продолжительность рабочего времени (да/нет) | Молоко или другие равноценные пищевые продукты (да/нет) | Лечебно-профилактическое питание (да/нет) | Льготное пенсионное обеспечение (да/нет) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | химический | биологический | аэрозоли преимущественно фиброгенного действия | шум | инфразвук | ультразвуквоздушный | вибрация общая | вибрация локальная | неионизирующие излучения | ионизирующие излучения | микроклимат | световая среда | тяжесть трудового процесса | напряженность трудового процесса | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Дата составления:

## Список рекомендованной литературы:


**1.** Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О специальной оценке условий труда"

**2.** Федеральный закон от 28.12.2013 N 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда"

**3.** Федеральный закон от 23.06.2014 N 160-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

**4.** Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н (ред. от 07.09.2015) "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению"

**5.** Приказ Минтруда России от 20.01.2015 N 24н "О внесении изменений в Методику проведения специальной оценки условий труда и Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 г. N 33н"

**6.** Приказ Минтруда России от 05.12.2014 N 976н "Об утверждении методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом"

**7.** Приказ Минтруда России от 07.09.2015 N 602н (ред. от 11.01.2016) "О внесении изменений в некоторые нормативные правовые акты Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации"

**8.** Постановление Правительства РФ от 03.07.2014 N 614 "О порядке аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, выдачи сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и его аннулирования" (вместе с "Правилами аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, выдачи сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и его аннулирования")

**9.** Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 32н "Об утверждении формы сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, технических требований к нему, инструкции по заполнению бланка сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и Порядка формирования и ведения реестра экспертов организаций, проводящих специальную оценку условий труда"

**10.** Приказ Минтруда России от 29.08.2014 N 568 (ред. от 17.08.2015) "О Комиссии по рассмотрению апелляций на результаты аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда

**11.** ЕТКС;

**12.** "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ

**13.** Приказ Минздравсоцразвития России от 17.12.2010 № 1122н (ред. от 20.02.2014) "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами

**14.** Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 06.02.2018) "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ, КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.В.09.12 ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: [Демина Т.В., доцент, к.т.н.]

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Содержание

1 Методические указания для выполнения практических работ…… 3
2 Методические указания для выполнения контрольной работы…….. 57
3 Методические указания для выполнения самостоятельной работы…… 62
Список литературы……66

# Практическая работа № 1
# Исследование биологических ритмов человека

*Цель работы* - изучить особенности индивидуальных биоритмов для оптимизации работоспособности человека.

На протяжении всей своей истории человечество имеет дело с суточными, месячными, сезонными, годовыми ритмами, обусловленными планетарными явлениями и влияющими на геологические, климатические, биологические и другие процессы.

Под ритмами понимают повторение одного и того же события или состояния через строго определенные промежутки времени. Длительность цикла от начала до очередного повтора называется *периодом*.

Биологические ритмы - периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений в живых организмах. Биологические ритмы физиологических функций столь точны, что их часто называют «биологическими часами».

Ритмы, задаваемые внутренними «часами» или водителями ритма, называются эндогенными, в отличие от экзогенных, которые регулируются внешними факторами. Большинство биологических ритмов являются смешанными, т. е. частично эндогенными и частично экзогенными.

Во многих случаях главным внешним фактором, регулирующим ритмическую активность, служит фотопериод, т. е. продолжительность светового дня. Это единственный фактор, который может быть надежным показателем времени, и он используется для установки «часов».

Биологические ритмы с периодом 20-28 ч называются *циркадными,* или околосуточными, например, периодические колебания на протяжении суток температуры тела, частоты пульса, артериального давления, работоспособности человека и др.

Выделяют также группу биологических ритмов низкой частоты; это

*околонедельные, околомесячные, сезонные, окологодовые, многолетние ритмы.*

Наиболее изучен циркадианный биологический ритм, один из самых важных в организме человека, выполняющий как бы роль дирижера многочисленных внутренних ритмов.

Циркадианные ритмы высокочувствительны к действию различных отрицательных факторов, и нарушение слаженной работы системы, порождающей эти ритмы, служит одним из первых симптомов заболевания организма. Установлены циркадианные колебания более 300 физиологических функций организма человека. Все эти процессы согласованы во времени.

Многие околосуточные процессы достигают максимальных значений в дневное время каждые 16-20 ч и минимальных - ночью или в ранние утренние часы. Например, ночью у человека самая низкая температура тела. К утру она повышается и достигает максимума во второй половине дня.

Основной причиной суточных колебаний физиологических функций в организме человека являются периодические изменения возбудимости нервной системы, угнетающей или стимулирующей обмен веществ. В результате изменения обмена веществ и возникают изменения различных физиологических функций. Так, например, частота дыхания днем выше, чем ночью. В ночное время понижена функция пищеварительного аппарата.

Установлено, что суточная динамика температуры тела имеет волнообразный характер. Примерно к 18 ч температура достигает максимума, а к полуночи снижается: минимальное ее значение между часом ночи и 5 ч утра. Изменение температуры тела в течение суток не зависит от того, спит человек или занимается интенсивной работой.

Температура тела определяет скорость биологических реакций, днем обмен веществ идет наиболее интенсивно. С суточным ритмом тесно связаны сон и пробуждение. Своеобразным внутренним сигналом для отдыха ко сну

служит понижение температуры тела. На протяжении суток она изменяется с амплитудой до 1,3°С.

Большой интерес представляет теория биоритмов, согласно которой с момента рождения человека у него наступают ритмические, с околомесячным периодом, колебания функционального состояния. Так, считают, что *физический цикл* завершается за 23 дня и определяет широкий диапазон физических свойств организма, включая сопротивляемость болезням, силу, координацию, скорость, физиологию, ощущение хорошего физического самочувствия. *Эмоциональный цикл*, длящийся 28 дней, управляет творчеством, восприимчивостью, психическим здоровьем, мышлением, восприятием мира и самих себя.

*Интеллектуальный цикл* имеет период 33 дня, он регулирует память, бдительность, восприимчивость к знаниям, логические и аналитические функции мышления.

Дни перехода от положительной фазы к отрицательной являются критическими, что проявляется в физическом цикле несчастными случаями, в эмоциональном – нервными срывами, в интеллектуальном – ухудшением качества умственной работы. Опасность увеличивается, когда критические дни разных циклов совпадают.

Одним из критериев эндогенной организации биологических ритмов является длительность индивидуальной минуты (ИМ). У здоровых людей величина ИМ является относительно стойким показателем, характеризующим эндогенную организацию времени и адаптационные способности организма. У лиц с высокими способностями к адаптации ИМ превышает 1 минуту физического времени, у лиц с невысокими способностями к адаптации ИМ равна в среднем 47,0–46,2 с, у хорошо адаптирующихся – 62,90–69,71 с. ИМ имеет циркасептальный ритм – ее величина максимальна во вторник и среду и минимальна в пятницу и субботу. По величине ИМ можно судить также о наступлении утомления у учащихся и взрослых людей.

С учетом этого величина ИМ может быть исследована в начале и конце занятия, в течение дня, недели, месяца, года. Эти данные позволяют выявить циркадные, недельные, сезонные ритмы индивидуальной минуты, функциональное состояние организма и его адаптивные возможности в любое время.

***Задание 1. Определение хронобиологического типа (хронобиотипа)***

С помощью предлагаемого теста необходимо определить свой хронобиотип. Для всех вопросов даны на выбор ответы с оценочной шкалой. Выберите только один ответ.

Вопросы с приложенными оценочными тестами.

1. Когда вы предпочитаете вставать, если имеете совершенно свободный от планов день и можете руководствоваться только личными чувствами? Перечеркните крестиком только одну клеточку (рис. 1).

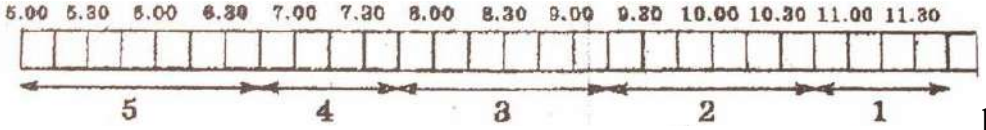


рис 1.

2. Когда вы предпочитаете ложиться спать, если совершенно свободны от планов на вечер и можете руководствоваться только личными чувствами? Перечеркните крестиком только одну клеточку (рис. 2).

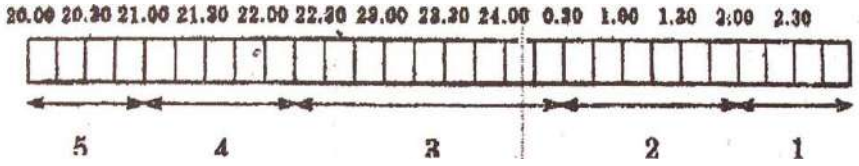


рис. 2

3. Какова степень вашей зависимости от будильника, вставать в определенное время?

| | |
|---|---|
| Совсем независим | 4 |
| Иногда зависим | 3 |
| В большей степени зависим | 2 |
| Полностью зависим | 1 |

4. Как легко вы встаете утром при обычных условиях?

| | |
|---|---|
| Очень тяжело | 1 |

| | |
|---|---|
| Относительно тяжело | 2 |
| Сравнительно легко | 3 |
| Очень легко | 4 |

5. Как вы деятельны в первые полчаса после утреннего вставания?

| | |
|---|---|
| Большая вялость | 1 |
| Небольшая вялость | 2 |
| Относительно деятелен | 3 |
| Очень деятелен | 4 |

6. Какой у вас аппетит после утреннего вставания в первые полчаса?

| | |
|---|---|
| Совсем нет аппетита | 1 |
| Слабый аппетит | 2 |
| Сравнительно хороший аппетит | 3 |
| Очень хороший аппетит | 4 |

7. Как вы себя чувствуете в первые полчаса после утреннего вставания?

| | |
|---|---|
| Очень усталым | 1 |
| Усталость в небольшой степени | 2 |
| Относительно бодр | 3 |
| Очень бодр | 4 |

8. Если у вас на следующий день нет никаких обязанностей, когда вы ложитесь спать по сравнению с вашим обычным временем отхода ко сну?

| | |
|---|---|
| Почти всегда в обычное время | 4 |
| Позднее обычного менее, чем на 1 час | 3 |
| На 1–2 часа позднее обычного | 2 |
| Позднее обычного больше, чем на 2 часа | 1 |

9. Вы решили заниматься физкультурой (физической тренировкой). Ваш друг предложил заниматься дважды в неделю, по 1 часу утром, между 7 и 8 часами. Будет ли это благоприятным для вас?

| | |
|---|---|
| Мне это время очень благоприятно | 4 |
| Для меня это время относительно приемлемо | 3 |
| Мне будет относительно трудно | 2 |
| Мне будет очень трудно | 1 |

10. В какое время вы так сильно устаете, что должны идти спать? (рис. 3)).

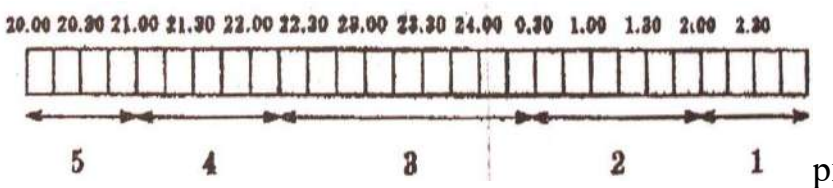


рис. 3

11. Вас собираются нагрузить 2-часовой работой в период наивысшего уровня вашей работоспособности. Какой из четырех данных сроков вы выберете, если совершенно свободны от дневных планов и можете руководствоваться только личными чувствами?

| | |
|---|---|
| 8.00–10.00 | 6 |
| 11.00–13.00 | 4 |
| 15.00–17.00 | 2 |
| 19.00–21.00 | 0 |

12. Если вы ложитесь спать в 23.00, то какова степень вашей усталости?

| | |
|---|---|
| Очень усталый | 5 |
| Относительно усталый | 3 |
| Слегка усталый | 2 |
| Совсем не усталый | 0 |

13. Какие-то обстоятельства заставили вас лечь спать на несколько часов позднее обычного. На следующее утро нет необходимости вставать в обычное для вас время. Какой из четырех указанных вариантов будет соответствовать вашему состоянию?

| | |
|---|---|
| Я просыпаюсь в обычное время и не хочу спать | 4 |
| Я просыпаюсь в обычное для себя время и продолжаю дремать | 3 |
| Я просыпаюсь в обычное для себя время и снова засыпаю | 2 |
| Я просыпаюсь позднее, чем обычно | 1 |

14. Вам предстоит какая-либо работа или отъезд ночью, между 4 и 6 часами. На следующий день у вас нет никаких обязанностей. Какую из следующих возможностей вы выберете?

| | |
|---|---|
| Сплю сразу после ночной работы | 1 |
| Перед ночной работой дремлю, а после нее сплю | 2 |
| Перед ночной работой сплю, а после нее дремлю | 3 |
| Полностью высыпаюсь перед ночной работой | 4 |

15. Вы должны в течение двух часов выполнять тяжелую физическую работу. Какие часы вы выберете, если у вас полностью свободный график дня и вы можете руководствоваться только личными чувствами?

| | |
|---|---|
| 8.00–10.00 | 4 |
| 11.00–13.00 | 3 |
| 15.00–17.00 | 2 |
| 19.00–21.00 | 1 |

16. У вас возникло решение серьезно заниматься закаливанием организма. друг предложил делать это дважды в неделю, по 1 часу, между 22 и 23 часами. Как вас будет устраивать это время?

| | |
|---|---|
| Да, полностью устраивает. Буду в хорошей форме | 1 |
| Буду в относительно хорошей форме | 2 |
| Через некоторое время буду в плохой форме | 3 |
| Нет, это время меня не устраивает | 4 |

17. Представьте, что вы сами можете выбрать график своего рабочего времени. Какой 5-часовой непрерывный график работы вы выберете, чтобы работа стала для вас интереснее и приносила большое удовлетворение? (рис. 4).

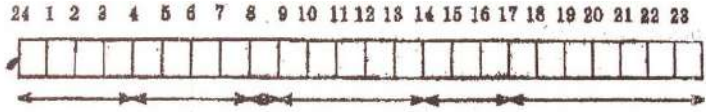


рис 4.

Часы суток: (при подсчете берется большее цифровое значение).

18. В какой час суток вы чувствуете себя «на высоте»? (выберите одну клеточку)

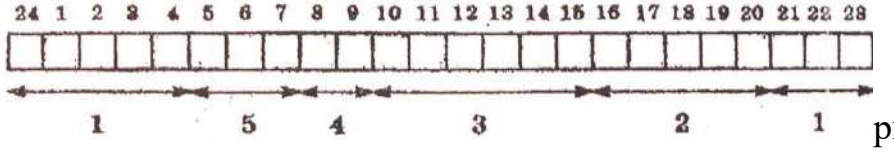


рис. 5

19. Иногда говорят «утренний человек» и «вечерний человек». К какому типу вы себя относите?

| | |
|---|---|
| Четко к утреннему типу – «Жаворонок» | 6 |

| | |
|---|---|
| Скорее, к утреннему типу, чем к вечернему | 4 |
| Индифферентный тип – «Голубь» | 3 |
| Скорее, к вечернему типу, чем к утреннему | 2 |
| Четко к вечернему типу – «Сова» | 0 |

**Обработка результатов и выводы**

Подсчитать сумму баллов и, пользуясь схемой оценки, определить, к какому хронобиологичскому типу вы относитесь: «Голубь», «Сова», или «Жаворонок».

Схема оценки хронобиологического типа человека по опроснику-тесту:

| | |
|---|---|
| «Жаворонок» четко выраженный тип | 69 баллов |
| Слабо выраженный утренний тип | 59–69 баллов |
| «Голубь» индифферентный тип | 42–58 баллов |
| Слабо выраженный вечерний тип | 31–41 балл |
| «Сова» сильно выраженный тип | 31 балл |

**Задание 2. Определение длительности индивидуальной минуты**

Длительность индивидуальной минуты (ИМ) определяют по методу Халберга. Для этого по команде экспериментатора начинают отсчет секунд про себя (от 1 до 60). Цифру 60 испытуемый произносит вслух. Истинное время фиксируют при помощи секундомера. Для надежности определяют ИМ 2–3 раза. Средний показатель заносят в протокол. Определите длительность ИМ в начале и конце занятия.

Обработка результатов и выводы

Сопоставьте полученные показатели со среднестатистическими по таблице 1. Сделайте вывод о соответствии длительности ИМ возрастной норме и о степени адаптации к учебным нагрузкам, судя по ее изменению к концу занятия.

Таблица 1. Возрастная динамика длительности индивидуальной минуты (ИМ)

| ИМ, с | Мужчины | Женщины | | Оба пола |
|---|---|---|---|---|

| Возраст | M□ m | M□ m | $P_2$ | M□ m |
|---|---|---|---|---|
| 16 лет | 55,1□ 1,0 | 56,9□ 1,2 | >0,5 | 56,4□ 1,1 |
| | <0,001 | <0,1 | | <0,05 |
| 17 лет | 58,8□ 1,4 | 58,1□ 1,2 | >0,5 | 58,3□ 1,0 |
| | <0,5 | <0,5 | | <0,1 |
| 21 год | 60,2□ 1,4 | 59,1□ 1,3 | >0,5 | 59,8□ 1,0 |

Примечание: $P_1$ – достоверность различий детских величин по сравнению со взрослыми; $P_2$ – достоверность межполовых различий.

Сделайте вывод о соответствии величины вашей ИМ половозрастной норме и об адаптивных возможностях вашего организма.

**Задание 3. Определение фазы физического, эмоционального и интеллектуального циклов**

Пользуясь расчетными методами, определите, в какой фазе физического, эмоционального и интеллектуального циклов вы находитесь.

1. Определите свои биологически ритмы, подсчитав общее число прожитых дней (*Z*) со дня рождения до данной даты. Для этого:

а) определите количество дней, прожитых со дня рождения до последнего дня. *X* = возраст (полных лет) * 365 + кол-во дней високосных лет (возраст/4);

б) определите с помощью календаря количество дней, прожитых с последнего дня рождения до расчетной даты (*Y*).

в)определите общее число прожитых дней по формуле:

$Z = X + Y$, где

*Z* – общее число прожитых дней, *X* – количество дней, прожитых со дня рождения до последнего дня рождения,

*Y* – количество дней, прожитых с последнего дня рождения до расчетной даты.

2. Для определения максимально активных и неблагоприятных дней

необходимо количество прожитых дней разделить на период исследуемого биоритма. Длительность биологических циклов (дней):

a. физический – 23, 688;

b. эмоциональный – 28, 426;

c. интеллектуальный – 33, 163.

Целое число соответствует количеству полных периодов данного биоритма, а остаток – количеству дней от начала последнего периода до заданной даты. Отсюда первый максимально активный день биоритма находится в результате прибавления к заданной дате разницы между периодом биоритма и остатком.

Например, человек прожил к 15 ноября 1998 г. 6300 дней. Рассчитываем очередной максимально активный день физического биоритма. Вначале находим разницу между периодом биоритма и остатком: 6 300 / 23, 688, остаток равен 9 дням, а разность (23 – 9) = 14 дням. Тогда очередной максимально активный день физического биоритма приходится на (15 + 14) = 29 ноября. Последующие максимально активные дни легко найти, прибавляя к найденной дате один, два и т.д. периода расчетного биоритма.

Аналогично рассчитывается эмоциональный и интеллектуальный биоритмы: 6 300 / 28, 426 остаток равен 6 дням, а разность (28 – 6) = 22 дням, значит, очередной максимально активный день эмоционального биоритма приходится на (15 + 22) = 7 декабря. Считается, что в течение первой половины периода (для физического – 11,5 дня, эмоционального – 14, интеллектуального – 16,5) находится положительная фаза, во второй – отрицательная.

А) Определение физического цикла. Возраст, выраженный в днях, разделите на 23. Получится число целых циклов, а остаток укажет, в какой фазе цикла вы находитесь.

Б) Определение эмоционального цикла. Возраст, выраженный в днях, разделите на 28. Остаток указывает, в какой фазе цикла вы находитесь.

В) Определение интеллектуального цикла. Возраст, выраженный в днях,

разделите на 33. Остаток укажет, в какой фазе цикла вы находитесь.

При проведении расчетов необходимо учитывать високосные годы.

**Обработка результатов и выводы**

Постройте ритмограммы собственных циклов согласно рисунку 6. Отметьте на ритмограмме фазы физического, эмоционального и интеллектуального циклов, в которых вы находитесь в настоящее время. С учетом предстоящих изменений физической, эмоциональной и интеллектуальной активности составьте график встреч, физической и интеллектуальной деятельности на ближайшие дни и недели.

Рис. 6. Ритмограмма течения биоритмов

*Контрольные вопросы:*

1. Что такое ритм, период?
2. Понятие биологического ритма? Виды ритмов.
3. Циркадный ритм и его влияние на физиологические процессы в организме?
4. Что определяют физический, эмоциональный и интеллектуальный циклы?

## Практическая работа № 2
## Исследование работоспособности человека

*Цель работы*: освоить методы исследования работоспособности человека.

Работоспособность – потенциальная способность человека выполнять максимально возможное количество работы на протяжении заданного времени и с определенной эффективностью. Работоспособность зависит от уровня его тренированности, степени закрепления рабочих навыков, физического и психического состояния, выраженности мотивации к труду и других факторов. Различают физическую и умственную работоспособность.

Физический труд оказывает более существенное влияние на функционирование сердечно-сосудистой системы. Минутный объем кровообращения (МОК) увеличивается за счет увеличения систолического объема сердца и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Систолический объем при тяжелой физической работе возрастает в 1,5–3 раза. Физическая работоспособность является обобщенным показателем функциональных возможностей организма, когда при работе на предельной мощности обеспечиваются максимальное потребление кислорода и его транспорт к работающим мышцам.

Умственная работоспособность зависит от напряженности функционирования сенсорных систем, воспринимающих информацию, от состояния памяти, мышления, выраженности эмоций. Показатели умственной работоспособности служат интегральной характеристикой функционального состояния организма, от которого зависит умственная работоспособность.

**Задание 1. Оценка работоспособности человека при выполнении работы, требующей внимания**

О работоспособности человека можно судить по показателям трудовой деятельности (количество и качество выполняемых в единицу времени трудовых операций). Однако в производственных условиях на эти показатели могут влиять не зависящие от работника недостатки производства: нехватка материалов, инструментов, энергии или неудовлетворительное качество сырья

и т. д. Поэтому для исследования работоспособности нередко используют показатели функционального состояния организма, характеризующие потенциальные возможности человека совершать тот или иной вид профессиональной деятельности.

**Оборудование:** корректурные таблицы.

**Ход работы**: продолжительность работы с таблицей составляет 8 минут. В течение каждой минуты испытуемый по заданию экспериментатора отыскивает в таблице разные буквы (на 1-й минуте – А, на 2-й – В и т. д.), фиксируя в памяти общее число найденных за 1 мин букв. Экспериментатор прерывает работу испытуемого в конце каждой минуты, отмечая цифрами 1, 2, 3, 4, 5, и т. д. на корректурной таблице моменты остановок и занося в тетрадь количество найденных букв за 1 мин работы. Просмотрев всю таблицу до конца, испытуемый вновь возвращается к ее началу и работает так до истечения 8 мин. Корректурный тест (таблица Анфимова) представлена на следующей странице. Полученные результаты занести в табл. 1.

Таблица 1 Результаты трудовой деятельности испытуемого

| Время работы, мин | Заданная буква | Количество букв, найденных за 1 мин | Количество должных букв | Ошибка работы (разница между должным и найденным числом букв) | Общее количество знаков, просмотренных за 1 мин |
|---|---|---|---|---|---|
| 1-я<br>2-я<br>3-я<br>…8-я | А<br>В<br>Х<br>… | | | | |

О скорости работы судят по общему числу просмотренных за 8 мин знаков. О точности судят по общему числу допущенных за 8 мин работы ошибок. Сравните работоспособность различных испытуемых.

**Задание 2. Исследование умственной работоспособности человека**

**Ход работы:**

По окончании подсчитайте общее количество просмотренных знаков S, количество вычеркнутых букв M, общее количество букв, которое

необходимо было вычеркнуть в просмотренном тексте N, количество допущенных ошибок n. Вычислите коэффициент точности выполнения задания А: $A = M/N$.

Коэффициент умственной продуктивности Р: $P = AS$.

Объем зрительной информации Q (бит): $Q = 0{,}5936 \times S$,

где 0,5936 – средний объем информации, приходящийся на один знак.

Скорость переработки информации, бит/с: $СПИ = (Q - 2{,}807 \times n)/T$,

где 2,807 бита – потеря информации, приходящаяся на один пропущенный знак; Т – время выполнения задания, с.

Устойчивость внимания: $УВН = S/N$.

Данные расчетов занести в табл. 2. Оцените умственный труд по данным табл. 3.

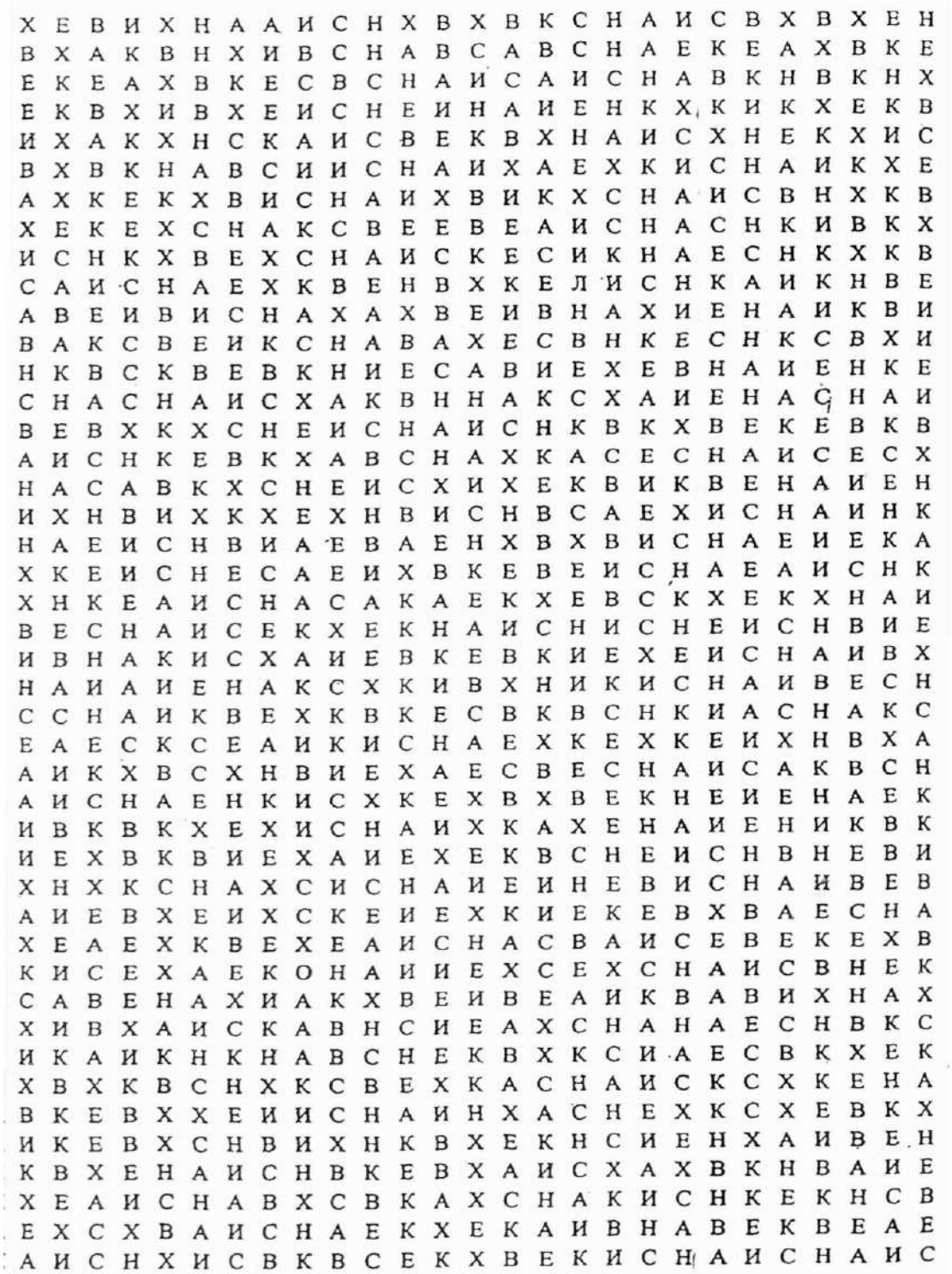
Таблица 2 Результаты корректурного теста

| Данные | А | Р | Q | СПИ | УВН |
|---|---|---|---|---|---|
| индивидуальные | | | | | |

Таблица 3 Критерии оценки умственного труда

| Оценка | Количество труда – просмотрено знаков | Количество труда – допущено ошибок |
|---|---|---|
| Отлично Хорошо<br>Удовлетворительно<br>неудовлетворительно | Более 1000<br>900–1000<br>800–900<br>Менее 700 | 2 и менее<br>3–5<br>6–10<br>11 и более |

Корректурная таблица



*Контрольные вопросы:*

1. Что такое работоспособность?
2. От чего зависит работоспособность?
3. Виды работоспособности?
4. На какие системы организма оказывает влияние физический и

умственный труд?

## Практическая работа № 3
## Количественная оценка параметров здоровья

*Цель работы*: получение навыков оценки физического развития человека.

Оценка состояния здоровья человека – достаточно сложный процесс, так как единого критерия, по которому можно судить о здоровье, не существует. Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, здоровье – это состояние полного психического и физического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней. Под физическим здоровьем принимают такое состояние, когда человек обладает совершенством саморегуляции функций организма, гармонией физиологических процессов и максимальной адаптацией к различным факторам внешней среды. Психическое здоровье предполагает отрицание болезни, ее преодоление, что должно являться «стратегией жизни человека». Под социальным здоровьем подразумевают меру социальной активности, деятельного отношения человека к миру.

При исследовании дыхательной системы пользуются различными инструментальными методами, в том числе определением дыхательных объемов – частоты, глубины ритма дыхания, жизненной емкости легких, выносливости дыхательных мышц.

Пробы Штанге, Генчи (задержки дыхания на вдохе и выдохе) и Серкина (трехфазная задержка дыхания) характеризует устойчивость организма к недостатку кислорода. Чем продолжительнее время задержки дыхания, тем выше способность сердечно-сосудистой и дыхательных систем обеспечивать удаление из организма образующийся углекислый газ, выше их функциональные возможности. Показатели, полученные этими методами, говорят о кислородном обеспечении организма и общем уровне

тренированности человека. *Выполнение задержки дыхания.* После 5-ти минут отдыха сидя сделайте 2-3 глубоких вдоха и выдоха, а затем, сделав полный вдох задержите дыхание. Нос лучше зажать пальцами. Время отмечается от момента задержки дыхания до ее прекращения.

Считается, что в норме частота сердечных сокращений должна составлять от 60 до 90 ударов в минуту в покое. Впрочем, у многих сердце бьется чаще или реже. Если сердце бьется чаще, то это называется тахикардия. «Тахи» — по-латыни значит «быстрый». Это пока еще не диагноз и не болезнь, это просто констатация факта, что сердце бьется с частотой более 90 ударов в минуту. Если сердце бьется редко, это называется брадикардия. «Бради» — это в переводе с латинского «редкий». В этом случае частота сокращений меньше 60 ударов в минуту.

Для определения пульса используют две точки - лучевую артерию на запястье и сонную артерию на горле. Наиболее точные измерения получают при определении пульса на лучевой артерии.

Обращаем ваше внимание на ряд факторов: не нажимайте очень сильно; нажимайте только на одну артерию.

Посчитайте свой пульс. Чтобы определить ЧСС в покое, посчитайте пульс в течение 60 секунд. Частота сердечных сокращений постоянно изменяется: уменьшается при выдохе и увеличивается при вдохе. Поэтому, если вы будете считать пульс в течение меньшего времени, средний показатель окажется менее точным.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) — количество воздуха, которое может быть выдохнуто после максимально глубокого вдоха. ЖЕЛ замеряют медицинским прибором – спирометром. Пробу повторяют с небольшими промежутками (15 сек) не менее трех раз после одного-двух пробных выдохов. Обычно фиксируется наибольшее полученное значение.

Жизненная емкость легких, помимо роста, с увеличением которого она линейно возрастает, зависит также от возраста, с увеличением которого она

линейно падает, а также от пола, тренированности. Поэтому абсолютные значения ЖЕЛ мало показательны из-за больших индивидуальных различий.

При оценке величины ЖЕЛ, так же как и многих других показателей дыхания, пользуются «должными» величинами, которые получают при обработке результатов обследования здоровых людей и установлении коррелятивных связей с возрастом, ростом и другими факторами. Широко распространено определение должной величины по Anthoni, в основе которой — определение должного обмена, величина которого умножается на соответствующие коэффициенты.

Однако ЖЕЛ не корректирует с весом тела, который учитывается при определении основного обмена. Более точными являются формулы, предложенные Н.Н. Канаевым:

ДЖЕЛ = 0,52 х рост — 0,028 х возраст — 3,20 (для мужчин);

ДЖЕЛ = 0,049 х рост — 0,019 х возраст — 3,76 (для женщин).

Снижение ЖЕЛ практически может наблюдаться при различных заболеваниях легких. ЖЕЛ уменьшена при пневмонии, сморщивании легких, пластических операциях.

Причиной снижения ЖЕЛ могут быть внелегочные факторы: недостаточность левого сердца (в связи с венозным застоем в легочных капиллярах и потерей эластичности легочной тканью); недостаточность дыхательной мускулатуры.

**Задание 1. Определение индекса Скибинской**

Индекс Скибинской отражает функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Исследования проводят на человеке. Ход работы: после 5-минутного отдыха сидя определите ЧСС, жизненную емкость легких (ЖЕЛ, мл, по таблице 2,3), длительность задержки дыхания (ЗД) после спокойного вдоха. Индекс Скибинской (ИС) рассчитывают по формуле: ИС = 0,01ЖЕЛхЗД / ЧСС.

Результаты занести в тетрадь протоколов опытов. Сопоставить результаты с данными в табл. 1. Сделайте вывод о функциональных возможностях организма.

Таблица 1. Оценка резервов кардиореспираторной системы по индексу Скибинской

| Оценка | Величина ИС |
|---|---|
| Отлично | Более 60 |
| Хорошо | 30–60 |
| Удовлетворительно | 10–29 |
| Плохо | 5–9 |
| Очень плохо | Менее 5 |

**Задание 2. Определение индекса функциональных изменений**

Тест индекса функциональных изменений (ИФИ) разработан для оценки функциональных возможностей системы кровообращения.

Ход работы: после 5-минутного отдыха в положении сидя подсчитайте пульс (ЧСС) за 1 мин и измерьте артериальное давление ($АД_{сист}$ и $АД_{диаст}$ ) с помощью тонометра. Определите рост (Р, см) и массу тела (МТ, кг). Полученные данные, а также возраст (В, годы) подставьте в формулу:

$$ИФИ = 0{,}011ЧСС + 0{,}014АД_{сист} + 0{,}008АД_{диаст} + 0{,}014В + 0{,}009МТ - 0{,}009Р - 0{,}27$$

Оценку ИФИ осуществляют по следующей шкале.

ИФИ менее 2,6 – функциональные возможности системы кровообращения хорошие. Механизмы адаптации устойчивы: действие неблагоприятных факторов студенческого образа жизни успешно компенсируется мобилизацией внутренних резервов организма, эмпирически подобранными профилактическими мероприятиями (увлечением спорта, рациональным распределение времени на отдых, работу, адекватной организацией питания).

ИФИ, равный 2,6–3,09 – удовлетворительные функциональные возможности системы кровообращения с умеренным напряжением механизмов регуляции. Эта категория практически здоровых людей, имеющих

скрытые или нераспознанные заболевания, нуждающиеся в дополнительном обследовании. Скрытые или неясно выраженные нарушения процессов адаптации могут быть восстановлены с помощью методов нелекарственной коррекции (массаж, мышечная релаксация, дыхательная гимнастика), компенсирующих недостаточность или слабость внутреннего звена саморегуляции функций.

ИФИ, равный 3,09 – сниженные, недостаточные возможности системы кровообращения, наличие выраженных нарушений процессов адаптации. Необходима полноценная диагностика, квалифицированное лечение и индивидуальный подбор профилактических мероприятий в период ремиссии.

Полученные результаты занести в тетрадь протоколов и сопоставить с оценочными данными. Сделать вывод состоянии организма.

Таблица 2. Средняя нормальная жизненная емкость легких для мужчин (мл)

| Рост, см | Масса тела (кг) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 160 | 3500 | 3650 | 3800 | 3950 | 4100 | 4250 | 4400 | 4550 | 4700 | 4850 | 5000 |
| 165 | 3700 | 3850 | 4000 | 4150 | 4300 | 4450 | 4600 | 4750 | 4900 | 5150 | 5200 |
| 170 | 3900 | 4150 | 4200 | 4350 | 4500 | 4650 | 4800 | 4950 | 5100 | 5350 | 5400 |
| 175 | 4100 | 4350 | 4400 | 4550 | 4700 | 4850 | 5000 | 5150 | 5300 | 5550 | 5600 |
| 180 | 4300 | 4550 | 4600 | 4750 | 4900 | 5050 | 5200 | 5350 | 5500 | 5750 | 5800 |
| 185 | 4500 | 4750 | 4800 | 4950 | 5100 | 5250 | 5400 | 5550 | 5700 | 5950 | 6000 |
| 190 | 4700 | 4950 | 5000 | 5150 | 5300 | 5450 | 5600 | 5750 | 5900 | 6050 | 6200 |

Таблица 3. Средняя нормальная жизненная емкость легких для женщин (мл)

| Рост, см | Масса тела (кг) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| 150 | 2650 | 2700 | 2750 | 2850 | 2850 | 2900 | 2950 | 3000 |
| 155 | 2850 | 2900 | 2950 | 3050 | 3050 | 3100 | 3150 | 3200 |
| 160 | 3050 | 3100 | 3150 | 3250 | 3250 | 3300 | 3350 | 3400 |
| 165 | 3250 | 3300 | 3350 | 3450 | 3450 | 3500 | 3550 | 3600 |
| 170 | 3450 | 3500 | 3550 | 3650 | 3650 | 3700 | 3750 | 3800 |
| 175 | 3650 | 3700 | 3750 | 3850 | 3850 | 3900 | 3950 | 4000 |
| 180 | 3850 | 3900 | 3950 | 4050 | 4050 | 4100 | 4150 | 4200 |

**Задание 3. Определение индивидуального уровня физического здоровья**

Одним из факторов физического здоровья является физическое состояние человека. Методика определения физического здоровья (ФЗ) разработана Е. А. Пироговой, она позволяет производить экспресс-оценку уровня физического состояния (УФС) по показателям системы кровообращения.

Ход работы: после 5–10 мин отдыха в положении сидя подсчитайте пульс (ЧСС) за 1 мин и измерьте $АД_{сист}$ и $АД_{диаст}$, мм рт. ст. Определите рост (Р, см), массу тела (М, кг). Полученные данные, а также возраст (В, годы) подставьте в формулу

$$ФЗ = (700–3хЧСС–2,5хАД_{диаст}+(АД_{сист}–АД_{диаст})/3–$$

$$2,7хВ+0,28хМ)/(350–2,7хВ+0,21хР)$$

Рекомендации по оформлению работы.

Рассчитать УФС. Полученные данные сопоставить с оценочными данными, представленными в табл. 4. Сделать вывод о состоянии здоровья.

Таблица 4. Уровень физического здоровья

| УФС | Диапазон значений |
|---|---|
| Низкий | 0,375 и менее |
| Ниже среднего | 0,376–0,525 |
| Средний | 0,526–0,675 |
| Выше среднего | 0,676–0,825 |
| Высокий | 0,823 и более |

*Контрольные вопросы:*

1. Что понимают под психическим, физическим и социальным здоровьем?
2. Какими методами пользуются при исследовании дыхательной системы?
3. О чем говорит продолжительное время задержки дыхания?
4. Что такое тахикардия и брадикардия?
5. Что такое жизненная емкость легких и от чего она зависит?

# Практическая работа №4
# Определение и поддержание идеальной массы тела

*Цель работы*: научиться с помощью формулы определять индекс массы тела, а также составить сбалансированный рацион питания.

*Модифицированный индекс Брока :*

- для лиц, имеющих рост (Р)165 см: **m = P – 100;**
- для лиц, имеющих рост (166 – 175) см: **m = P – 105;**
- для лиц, имеющих рост более 175 см: **m = P – 110.**

Дополнительная коррекция для лиц **:**

- с нормальной грудной клеткой не вносят;
- с широкой грудной клеткой массу тела увеличивают на 10%;
- с узкой грудной клеткой массу тела уменьшают на 10%.

*Индекс Кетеле (или индекс массы тела - ИМТ)*

$$\textbf{ИМТ} = \frac{m}{P^2},$$

Где: m- массы тела в кг; P - рост в см.

Если индекс Кетеле выше 2,4 , то это состояние указывает на наличие у данного человека повышенного риска развития ишемической болезни сердца.

Таблица 1. Определение результатов

| | |
|---|---|
| Недостаточный вес | |
| Выраженная худоба | ИМТ<16.00 |
| Умеренная худоба | ИМТ 16.00-16.99 |
| Легкая худоба | ИМТ 17.00-18.49 |
| Нормальный вес | |
| I диапазон (норма ИМТ) | ИМТ 18.50-22.99 |
| II диапазон (норма ИМТ, пред-излишний вес) | ИМТ 23.00-24.99 |
| Излишний вес | |
| I диапазон (излишний вес) | ИМТ 25.00-27.49 |
| II диапазон (пред-ожирение) | ИМТ 27.50-29.99 |
| Ожирение | |
| I степень (ожирение) | ИМТ 30.00-34.99 |
| II степень (ожирение) | ИМТ 35.00-39.99 |
| III степень (выраженное ожирение) | ИМТ от 40.00 |

**Составление пищевого рациона.**

Рациональное питание должно полностью покрывать потребности человека в энергии, пластических веществах и способствовать сохранению здоровья, высокой трудоспособности.

Суточная потребность в:

- белках составляет 85-90 г или 1,5 г/кг массы тела;
- жирах 80 –100 г или 1,7 г/кг массы тела, из них 25-30 г растительного масла, 30-35 г сливочного масла, остальное – кулинарный жир;
- углеводов 400-500 г или 5,8 г/кг массы тела, в том числе за счет крахмала - 350-400 г, моносахаридов и дисахаридов – 50-100г, балластных веществ – до 25г.

Белки являются основным пластическим материалом, т.е. основной частью клетки. Например, в скелетных мышцах содержится 20 % белка. Белки входят в состав ферментов, катализирующих (ускоряющих) все химические реакции в организме. Они принимают участие в обеспечении большинства функций организма. Так, гемоглобин переносит $O_2$ и $CO_2$, фибриноген обуславливает свертывание крови, нуклеопротеиды обеспечивают передачу наследственных признаков. Велико значение белков в водном обмене. На белковый обмен оказывает влияние соматотропный гормон секретируемый передней долей гипофиза, гормон щитовидной железы тироксин и глюкокортикоиды коркового вещества надпочечников.

При расщеплении углеводов в пищеварительном тракте образуются простые моносахариды: глюкоза, фруктоза и галактоза, имеющие формулу $C_6H_{12}O_6$, которые всасываются из кишечника в кровь. При избыточном питании углеводы превращаются в жиры и откладываются в неограниченных количествах в жировых депо: подкожной клетчатке, сальнике и др. Всосавшиеся в кишечнике моносахарины с током крови через воротную вену попадают в печень. Здесь часть их превращается в гликоген и откладывается про запас. Кроме печени, гликоген откладывается в скелетных мышцах. Всего в запасе организма имеется около 350 г гликогена. Если в крови, например, во

время работы или голодания понижается уровень сахара, в ответ происходит расщепление гликогена в печени и поступление его в кровь. Процесс образования и отложения гликогена регулируется гормоном поджелудочной железы инсулином. Процесс расщепления гликогена происходит под влиянием второго гормона поджелудочной железы – глюкагона.

Жир в организме играет пластическую и энергетическую роль. При окислении 1г жира выделяется 9,3 ккал тепла, т.е. а 2,2 раза больше, чем при окислении 1г углеводов или белка. Как пластический материал он входит в состав оболочки и цитоплазмы клеток. Часть жиров накапливаются в клетках жировой ткани как запасной жир, количество которого составляет 10-30 % от массы тела, а при нарушении обмена веществ может достигать огромных величин. Обмен жиров тесно связан с обменом белков и углеводов. Например, при избыточном поступлении белков и углеводородов в организм они могут превращаться в жиры. В условиях голодания из жиров образуются углеводы, которые используются как энергетический материал. В регуляции жирового обмена существенную роль играют центральная нервная система, а также многие железы внутренней секреции (половые и щитовидная железы, гипофиз, надпочечники).

*Обмен веществ*

Для определения потребности человека в питательных веществах изучают его обмен веществ. Это имеет большое значение, так как часть населения (в армии, детских учреждениях, санаториях, домах отдыха, больницах) находится на государственном обеспечении и должны получать необходимые продукты, чтобы быть здоровой, обладать высокой работоспособностью, высокой сопротивляемостью к инфекциям и изменяющимися условиям внешней среды.

Метод Шатерникова позволяет определить за сутки объем потребляемого $O_2$, выделенных $CO_2$ и $N_2$ (с мочей). По этим данным можно рассчитать расход белков, жиров и углеводов.

Физиологические нормы питания

| Питательные вещества, г | Категория труда | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Белки | 91 | 90 | 96 | 102 | 118 |
| Жиры | 103 | 110 | 117 | 136 | 158 |
| Углеводы | 378 | 412 | 440 | 518 | 602 |
| Расход энергии, ккал | 2800 | 3000 | 3200 | 3700 | 4300 |

Определив категорию труда возможно составить примерный рацион питания трудящегося, используя следующие таблицы.

Химический состав и питательная ценность продуктов

| *Наименование* продукта | Процентное отношение | | | Количество калорий на 100 г продукта |
|---|---|---|---|---|
| | Белков | Жиров | Углеводов | |
| Телятина жирная | 16,1 | 7,0 | | 131 |
| не жирная | 16,9 | 0,5 | | 74 |
| Говядина | 16,1 | 10,5 | | 164 |
| Баранина | 15,0 | 17,1 | | 220 |
| Свинина мороженная | 14,4 | 21,0 | | 234 |
| Курица | 17,2 | 12,3 | | 185 |
| Гуси | 17,2 | 12,3 | | 185 |
| Цыплята п/потрошен. | 17,4 | 9,9 | | 163 |
| Курийнное яйцо | 10,8 | | 0,3 | 127 |
| Белок яйца | 10,6 | | 0,5 | 43 |
| Желток яйца | 14,6 | 29,3 | 0,5 | 332 |
| Осетрина | 13,8 | 10,2 | | 151 |
| Щука | 15,9 | 0,6 | | 71 |
| Фасоль | 19,2 | 12,2 | 50,3 | 303 |
| Горох | 19,4 | 2,2 | 49,8 | 304 |
| Рис | 6,3 | 0,9 | 71,1 | 326 |
| Хлеб ржаной | | | | 170 |
| Хлеб пшеничный | 6,7 | 0,7 | 50,3 | 240 |
| Арбуз | 0.2 | | 4.6 | 20 |
| Кабачки | 0,3 | | 2,4 | 11 |
| Капуста | 1,2 | | 4,1 | 22 |
| Квашенная капуста | 0,7 | | 2,2 | 12 |
| Огурцы | 0,7 | | 2,7 | 14 |
| Редька | 0,8 | | 3,0 | 15 |
| Картофель | 1.2 | | 14,0 | 62 |
| Картофель отварной | | | | 82 |
| Помидоры | 0,4 | | 3,4 | 15 |
| Виноград | 0,3 | | 14,2 | 59 |
| Виноградный сок | | | | 71 |
| Сушеный виноград | 1,3 | | 61 | 225 |
| Вишня | 0,6 | | 9,2 | 40 |
| Яблоки | 0,2 | | 9,5 | 40 |
| Черешня | 0,8 | | 10,6 | 47 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Сливы | 1,4 | | 46,6 | 197 |
| Грибы свежие | 3,5 | 0,4 | 2,2 | 27 |
| Орехи | 6,8 | 24,9 | 3,7 | 275 |
| Томат-пюре | 3,0 | | 11,3 | 50 |
| Пчелиный мед | 0,3 | | 77,7 | 320 |
| Сахар | | | | 379 |
| 1 чайная ложка (8 г) | | | | 30,3 |
| Молоко | | | | 59 |
| 0,5 литра | | | | 295 |
| Сыр российский | | | | 371 |
| | | | | |
| Смалец | 1,6 | 82,1 | | 770 |
| Подсолнечное масло | | 93,9 | | 873 |
| Сливочное масло | 0,4 | 78,5 | 0,5 | 734 |

## Витамины

| Витамин | Влияние на организм и суточная потребность, мг/кг | Продукты питания содержащие витамин |
|---|---|---|
| **A** | Витамин роста. Принимает участие в окислительно-восстановительных процессах. Недостаток вызывает заболевание глаз (куриная слепота –человек не видит в сумерках и при слабом свете), снижает устойчивость к инфекционным заболеваниям. 0,02 | Морковь, сливочное масло, молоко, абрикосы, помидоры, сладкий перец, рыбий жир, печень трески и палтуса, молодые побеги сосновых |
| **$B_1$** | **Входит в состав ферментов, участвующих в углеводном, жировом и белковом обмене. Деятельность коры головного мозга. Недостаток вызывает паралич конечностей (заболевание бери-бери). 0,4** | Пивные дрожи, бобы, желток яйца, грецкий орех, говяжья печень, рисовые отруби, пшеница, свинина |
| **$B_2$** | Катализирует окислительно - восстановительные процессы. Необходим для цветового зрения и процессов кроветворения. При его недостатке нарушается обмен веществ, возникают поражения кожи, роговицы глаз, задержке роста. 0,05 | Молоко, сыр, печень, сердце, пшеничные дрожжи, яйца, помидоры, шпинат, пивные дрожи |
| **$B_6$** | Уменьшает накопление холестерина на стенках артерий, подавляет деятельность рвотного центра. Необходим для функционирования ЦНС, печени, кожи, кровеносных органов. Нехватка - утрата аппетита, сонливость, появляется тошнота. 0,04 | Печень, почки, дрожжи, бобовые, яичный желток, рисовые отруби |
| **$B_{12}$** | Мощный антианемический фактор. Необходим для оптимизации функции ЦНС и периферической нервной системы. 0,004 | Мясо крупного рогатого скота, печень рыб, рогатого скота и цыплят, икра, творог, молоко |

| | | |
|---|---|---|
| **$B_{15}$** | Устраняет явление кислородной недостаточности, ускоряет окисление алкоголя | Семена большинства растений |
| **$B_3$ (PP)** | Участвует в клеточном дыхании, в образовании гормонов надпочечников, снижает содержание холестерина в крови. Улучшает функциональную активность печени, желудочно-кишечного тракта, кожи. Недостаток ведет к нарушению психики. 0,5 | Дрожжи, рисовые отруби, арахис, бобовые, молоко, печень, почки, сердце, пшеница, ячмень, молодые побеги сосновых, мясо. |
| **C** | Необходим для синтеза структур соединительных тканей, участник окисления холестерина, синтеза ряда гормонов, участник иммуногинеза, антиокислитель. Снижает действие патогенных микроорганизмов (грипп, и др. простудные заболевания). Отсутствие вызывает цингу, хрупкость костей, авитаминоз. 1,2 | Лимоны, апельсины, салат, лук, помидоры, черная смородина, капуста, перец, укроп, морковь, свекла, шиповник, хвоя сосны и пихты, незрелые грецкие орехи. |
| **P** | Уменьшает проницаемость и усиливает действие витамина С и способствует его накапливанию в организме. Уменьшает хрупкость капилляров. 0,9 | Лимоны, апельсины, черная смородина, вишня, чайный лист, гречневая крупа, черноплодная рябина, шиповник. |
| **D** | Играет роль в обмене Са и Р. При недостатке развивается рахит. Запаздывается появление у детей первых зубов. 0,005 | Рыбий жир, яйца, коровье молоко, загорание под ультрафиолетовыми лампами |
| **E** | Играет роль в размножении, участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Поддерживает мышечную активность. 0,4 | Салат, петрушка, растительное масло, кукуруза, овсяная мука. |
| **K** | При К – авитаминозе нарушается свертываемость крови в результате понижения выработки в печени протромбина, наблюдаются кровоизлияния. 0,04 | Зеленые листья шпината, салата, капуста, крапива, томаты, рябина, печень. |

*Контрольные вопросы:*

1. Что такое индекс массы тела?
2. Для чего определяется ИМТ?
3. Что такое сбалансированный рацион?

# Практическая работа №5
# Определение артериального давления

*Цель работы*: Ознакомиться с методикой измерения кровяного (артериального) давления у человека по способу Короткова и научиться его определять у человека.

Артериальное давление – это давление крови в крупных артериях человека.

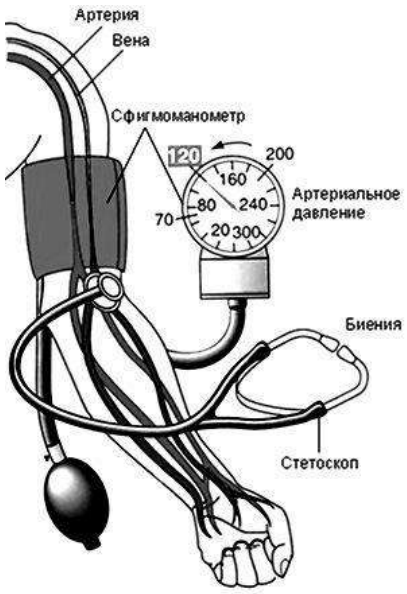



Рис. 1. Схема измерения артериального давления у человека по методу Короткова

Артериальное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба, сокращенно мм рт. ст. Значение величины артериального давления 120/80 означает, что величина систолического давления равна 120мм рт ст., а величина диастолического артериального давления равна 80мм рт.ст.

Различают два показателя артериального давления:

- систолическое (верхнее) артериальное давление (СД) – это уровень давления крови в момент максимального сокращения сердца, характеризует состояние миокарда левого желудочка и равняется 100–120 мм рт. ст.
- диастолическое (нижнее) артериальное давление (ДД) – это уровень давления крови в момент максимального расслабления сердца, характеризует степень тонуса артериальных стенок и равняется 50–80 мм рт. ст.

Разность между величинами систолического и диастолического давлений называется пульсовым давлением (ПД). Оно показывает, насколько систолическое давление превышает диастолическое, что необходимо для открытия полулунного клапана аорты во время систолы. В норме пульсовое давление равно 35–55 мм рт. ст. Только при таких условиях во время систолы левого желудочка клапан открывается полностью, и кровь поступает в большой круг кровообращения. Если систолическое давление станет равным диастолическому, движение крови будет невозможным и наступит смерть. Повышение давления на каждые 10мм рт. ст. увеличивает риск развития сердечнососудистых заболеваний на 30%.

Величина кровяного давления зависит от трех основных факторов:

– частоты и силы сердечных сокращений;

– величины периферического сопротивления, т.е. тонуса стенок сосудов, главным образом, артериол и венул;

– объема циркулирующей крови.

Артериальное давление здорового человека является величиной довольно постоянной, однако оно всегда подвергается небольшим колебаниям в зависимости от фаз деятельности сердца и дыхания. Кровопотери ведут к снижению кровяного давления, а переливание большого количества крови повышает артериальное давление. Величина давления зависит от возраста. У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых, потому что стенки сосудов более эластичны.

***Методы измерения артериального давления***

Для измерения артериального давления в настоящее время используют прямой и косвенный методы:

***Косвенный метод Короткова*** – был разработан русским хирургом Н. С. Коротковым в 1905 году и позволяет измерять артериальное давление очень простым прибором. Метод Короткова основан на измерении той величины

давления, которая необходима для полного сжатия артерии и прекращения в ней тока крови.

*Описание приборов:*

Для измерения артериального давления методом Короткова применяются механические (рис.1) и электронные измерители со световой и цифровой индикацией. Механические измерители состоят из механического манометра, манжеты с грушей и фонендоскопа. Данные приборы в основном используются в профессиональной медицине, так как без специального обучения можно допустить погрешности в определении показателей.

Для домашнего использования наиболее подходят электронные измерители. Они бывают полуавтоматические (рис. 2, *а*) и автоматические (рис. 2, *б*). Их применение не требует никакого предварительного обучения и при соблюдении простых методических рекомендаций позволяет получить точные данные артериального давления путем нажатия одной кнопки. Принцип их действия основан на регистрации прибором пульсаций давления воздуха, возникающих в манжете, при прохождении крови через сдавленный участок артерии.

а.

б.

Рис. 2. Прибор для измерения артериального давления: (а) полуавтоматический, (б) автоматический

Для работы необходимы: тонометр, фонендоскоп, испытуемый.

Ход работы:

1. Вымойте руки.
2. Обработайте мембрану фонендоскопа 70%-ным спиртом двукратным протиранием.

3. Положите правильно руку пациента: в разогнутом положении ладонью вверх, мышцы расслаблены.

4. Наложите манжетку на обнаженное плечо пациента на 2–3 см выше локтевого сгиба; одежда не должна сдавливать плечо выше манжетки; закрепите манжетку так плотно, чтобы между ней и плечом проходил только один палец.

5. Соедините манометр с манжеткой. Проверьте положение стрелки манометра относительно нулевой отметки шкалы.

6. Нащупайте пульс в области локтевой ямки и поставьте на это место фонендоскоп.

7. Закройте вентиль на груше и накачивайте в манжетку воздух: нагнетайте воздух, пока давление в манжетке по показаниям манометра не превысит на 25–30 мм рт. ст. уровень, при котором перестала определяться пульсация артерии.

8. Откройте вентиль и медленно выпускайте воздух из манжетки. Одновременно фонендоскопом выслушивайте тоны и следите за показаниями шкалы манометра.

9. Отметьте величину систолического давления при появлении над плечевой артерией первых отчетливых звуков.

10. Отметьте величину диастолического давления, которая соответствует моменту полного исчезновения тонов.

11. Запишите данные измерения артериального давления в виде дроби (в числителе – систолическое давление, а в знаменателе – диастолическое), например, 120/75 мм рт.ст.

**Запомните!** Артериальное давление нужно измерять два – три раза на обеих руках с промежутками в 1–2 минуты, достоверным артериальным давлением считать наименьший результат. Воздух из манжетки надо выпускать каждый раз полностью.

*Контрольные вопросы:*

1. Дайте определение давления.
2. Что такое систолическое и диастолическое давление?
3. Какие методики определения артериального давления существуют?
4. Какие тонометры существуют?
5. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи механического тонометра.
6. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи полуавтоматического тонометра.
7. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи автоматического тонометра.

## Практическая работа №6
## Первая помощь при травмах и ранениях

*Цель работы*: Научиться определять вид ран и накладывать повязки при разных типах ранений

Травмой называется насильственное повреждение тканей тела, какого-либо органа или всего организма в целом. Ушибы и ранения мягких тканей, переломы костей, сотрясение мозга, ожоги – все это различные виды травм.

Травма, при которой происходит нарушение целости кожных покровов или слизистых оболочек, называется ***раной***. В зависимости от того, чем нанесена рана, различают колотые раны, нанесенные иглой, гвоздем, шилом, штыком; резаные, нанесенные режущим оружием или предметом (ножом, стеклом); ушибленные, полученные в результате воздействия тупого предмета, при ударе или падении; рваные, нанесенные, например, шестерней станка, машины, когда нарушается целость кожи и других тканей; огнестрельные, т.е. нанесенные пулей, осколком снаряда, дробью; укушенные, полученные в результате укуса животных, и т.д.

Раны могут быть поверхностными (например, ссадины), и более

глубокими, когда повреждаются не только все слои кожи, но и глубжележащие ткани – подкожная клетчатка, мышцы и т.д. Если рана проникает в какую-либо полость – грудную, брюшную, черепа, она называется проникающей. При этом часто оказывается поврежденным какой-либо внутренний орган. Любая рана опасна из-за кровопотери и возможности осложнений, связанных с заражением раны микробами.

*Понятие о раневой инфекции*

Среди многих видов микробов существуют такие, которые при попадании в рану вызывают в ней воспалительный процесс с образованием гноя – *нагноение*. Это так называемые гноеродные микробы (стафилококки, стрептококки и др.).

При любом ранении какое-то количество микробов неизбежно попадает в рану, однако защитные силы организма человека часто оказываются в состоянии обезвредить и, если рана хорошо защищена повязкой от дальнейшего попадания в нее микробов, нагноение в ней может не развиться. Такие раны обычно быстро и хорошо заживают.

При развитии в ране нагноения в ее окружности появляются покраснение и припухлость; пострадавший начинает ощущать в ране боль. Заживление раны при нагноении затягивается. Попавшие в рану микробы проникают в лимфатические сосуды, затем в лимфатические узлы и могут вызвать их воспаление, а при проникновении микробов в кровь в некоторых случаях развивается и общее заражение крови.

Одним из осложнений ран является *рожистое воспаление (рожа)*. Заболевание обычно начинается с сильного озноба, вслед за которым температура тела повышается до 39–40°. В области раны появляется краснота, имеющая резко очерченные, неровные, в виде языков, границы. Краснота в окружности раны постепенно распространяется на значительное расстояние. Иногда в зоне воспаления под кожей образуется скопление гноя.

Через перевязочный материал, руки ухаживающего персонала

возбудитель рожи может передаваться от одного раненого другому.

Наиболее тяжелые осложнения, связанные с заражением раны микробами, развиваются при наличии в ней большого количества размозженных, ушибленных, потерявших жизнеспособность тканей. При загрязнении таких ран землей в рану нередко попадают находящиеся в земле микробы – *возбудители газовой инфекции.* Размножение микробов газовой инфекции в ране происходит очень бурно. Под влиянием выделяемых ими ядовитых веществ (токсинов) ткани распадаются, мышцы приобретают вид вареного мяса, рана издает зловонный запах, очень быстро нарастает отек конечности, под кожей и между мышцами образуются скопления газа (отсюда и название «газовая инфекция»). Это осложнение, называемое газовой гангреной, нередко требует ампутации конечностей и угрожает жизни раненого. Для предупреждения газовой инфекции при обширных ранениях раненому вводят противогангренозную сыворотку.

Другим опасным заболеванием, которое может развиться в связи с заражением раны, является столбняк. Возбудитель столбняка (столбнячная палочка) также находится в земле. Попадая в рану, он быстро размножается и выделяет большое количество токсина, действующего на нервную систему человека. В результате у заболевшего возникают частые мучительные судороги, нарушаются дыхание и сердечная деятельность. Если лечение не будет своевременно начато, за- болевание может закончиться смертью больного. Заражение столбняком может произойти при небольших, даже мелких ранениях.

Поэтому каждому раненому, независимо от размеров раны, а также всем обожженным и пострадавшим от отморожения обязательно с профилактической целью вводят противостолбнячную сыворотку.

*Понятие об асептике и антисептике*

При оказании первой медицинской помощи раненому, при лечении ран и хирургических операциях предпринимается ряд мер, направленных на

предупреждение попадания в рану микробов. Совокупность этих мероприятий называют *асептикой*. Асептика достигается строгим соблюдением правила: то, что соприкасается с раной (перевязочный материал, хирургические инструменты, руки хирурга и др.), должно быть стерильным, т.е. не иметь на своей поверхности микробов. Уничтожение микробов, называемое обеззараживанием, или стерилизацией, достигается различными способами.

Существует ряд химических и лекарственных веществ, губительным образом действующих на микробов. К таким веществам относятся винный спирт, настойка йода, растворы хлорамина, марганцово- кислого калия, риванола и др. Эти вещества называются обеззараживающими, или антисептическими, а метод борьбы с микробами при помощи этих веществ – антисептикой.

В настоящее время широкое распространение получили антисептические вещества биологического происхождения – ***антибиотики*** (пенициллин, стрептомицин, сигмамицин и др.).

Губительно действуют на микробов некоторые физические факторы, например высокая температура (горячий пар, кипячение, сухой жар), используемые для стерилизации. В этих целях перевязочный материал (марлевые салфетки, вата, бинты), а также используемое при операции белье (простыни, которыми покрывают больного, халаты, полотенца) укладывают в специальные металлические барабаны – биксы и стерилизуют в особых аппаратах – автоклавах горячим паром под давлением.

Для обеззараживания рук существует много различных способов. По способу Фюрбрингера руки моют в течение 5 мин. под краном проточной теплой водой с мылом при помощи стерильной (прокипяченной) щетки. Затем меняют щетку и снова моют руки в течение 5 мин. После этого руки насухо вытирают стерильным полотенцем или большой марлевой салфеткой и обрабатывают в течение 5 мин. спиртом. В заключение кончики пальцев и ногти смазывают настойкой йода.

После подготовки тем или иным способом рук надевают стерильные резиновые перчатки.

*Наложение повязок*

Защита раны от заражения лучше всего достигается наложением повязки. Для повязок употребляют марлю и вату, обладающие высокой гигроскопичностью (способностью всасывать жидкость). Из сказанного о раневой инфекции и мерах по ее предупреждению вытекают два правила, которые необходимо строго соблюдать при наложении повязки на рану:

1. Нельзя касаться поверхности раны руками, так как на коже рук особенно много микробов.

2. Перевязочный материал, которым закрывают рану, должен быть стерильным.

Только при отсутствии стерильного перевязочного материала допустимо использовать чисто выстиранный платок или кусок какой- нибудь ткани, предпочтительно белого цвета. Если есть возможность, платок или ткань перед наложением на рану следует смочить в антисептическом растворе (марганцовокислый калий, борная кислота).

Кожу вокруг раны смазывают йодом, этим уничтожают находящихся на коже микробов. Затем берут марлевые салфетки и накладывают на рану. В зависимости от величины раны на нее накладывают одну или несколько салфеток с таким расчетом, чтобы рана была закрыта несколькими слоями марли. Поверх закрывающих рану салфеток накладывают бинт.

Бинтование обычно производят слева направо круговыми ходами бинта. Бинт берут в правую руку, свободный конец его захватывают большим и указательным пальцами левой руки и накладывают на подлежащую бинтованию часть тела.

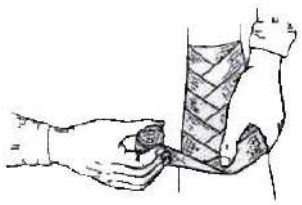
Бинтование производят достаточно туго, однако бинт не должен врезаться в тело и затруднять кровообращение. Особенно это относится к бинтованию конечностей. При туго наложенной повязке, затрудняющей отток

крови, кисть или стопа вскоре отечет и станет синюшной. Пострадавший вначале будет жаловаться на боли, а затем на онемение кисти или стопы.

Существует много разных типов бинтовых повязок. Наиболее простая из них – ***круговая повязка***. При наложении круговой повязки бинтуют так, чтобы каждый последующий оборот бинта полностью закрывал предыдущий. Она удобна, когда необходимо забинтовать какую-то ограниченную область, например запястье, нижнюю часть голени, лоб и т.п.

***Спиральную повязку*** начинают так же, как и круговую, делая на одном месте 2–3 оборота бинта для того, чтобы закрепить его, а затем накладывают бинт так, чтобы каждый оборот его закрывал предыдущий лишь частично. Спиральная повязка применяется при бинтовании конечностей, причем конечность всегда бинтуют от периферии, т. е. начиная с более тонкой ее части. По мере утолщения конечности, для того чтобы бинт прилегал плотно, не образуя карманов, после 1–2 оборотов бинт перевертывают (рис. 1). По окончании бинтования бинт укрепляют безопасной булавкой или конец его разрезают по длине и завязывают.

При бинтовании области суставов, стопы, кисти применяют ***восьмиобразные повязки***, называемые так потому, что при их наложении бинт все время как бы образует цифру 8. Так, при бинтовании стопы бинт закрепляют 2–3 оборотами на стопе у пальцев, а затем по передней поверхности стопы косо перекатывают его на нижнюю треть голени и делают 1–2 оборота вокруг нее там, где должен быть верхний край повязки. После этого ход бинта изменяют, бинтуя снова стопу и делая новый оборот, частично закрывая предыдущий ход, вновь воз вращаются на голень и т.д. (рис. 2). По этому же принципу бинтуют кисть.



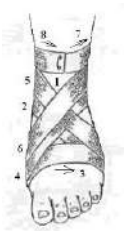


Рис. 1. Спиральная повязка с перегибом

Рис. 2. Восьмиобразная повязка на голеностопный сустав

При бинтовании раны, расположенной на груди или на спине, можно применять так называемую ***крестообразную повязку*** (рис. 3).

Наиболее сложно наложение бинтовых повязок на область плечевого и тазобедренного суставов. Принцип бинтования этих областей показан на рис. 4. Такого рода повязки называются ***колосовидными***, так как место перекреста ходов бинта напоминает колос.

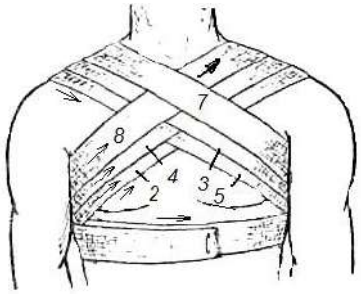


Рис. 3. Крестообразная повязка на грудь

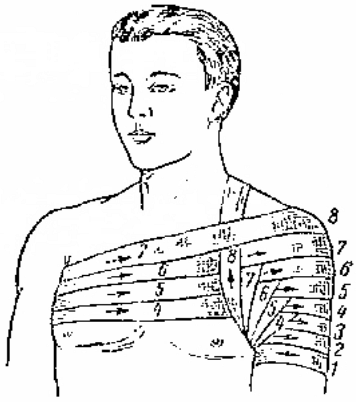


Рис. 4. Бинтование области плечевого сустава (колосовидная повязка)

Для наложения повязки удобно пользоваться ***индивидуальным перевязочным пакетом*** (перевязочный пакет первой помощи). Это стерильная повязка, состоящая из двух ватно-марлевых подушечек и бинта, заключенных в защитную оболочку из прорезиненной ткани, целлофана или пергаментной бумаги.

Пакет берут в левую руку, правой – захватывают надрезанный край оболочки и рывком обрывают склейку. Обнаруживается содержимое пакета, завернутое в бумагу. Из складки бумаги достают безопасную булавку. Осторожно развернув бумажную оболочку, в левую руку берут конец бинта, к которому пришита ватно-марлевая подушечка, в правую – скатанный бинт и разводят руками. Бинт натягивается и тогда становится видной вторая подушечка, которая может пе-редвигаться по бинту.

Подушечку используют в том случае, если рана сквозная, что часто бывает при огнестрельных ранениях. Одна подушечка в этом случае закрывает входное отверстие пули, а вторая – выходное, для чего подушечки раздвигают на нужное расстояние. К подушечкам можно прикасаться руками только со стороны, помеченной цветной ниткой. Противоположной стороной подушечки накладывают на рану. Круговыми ходами бинта их закрепляют, а конец бинта закалывают булавкой. Если рана одна, подушечки располагают рядом или (при ранах небольших размеров) накладывают друг на друга.

Вместо бинта для наложения повязки можно использовать косынку. ***Косыночная повязка*** очень удобна при ранении головы, плечевого и тазобедренного суставов, ягодицы. Примеры применения косыночной повязки показаны на рис. 5. Косыночные повязки уместно применять при большом числе пострадавших, так как наложение их занимает меньше времени, чем бинтование.

Рис. 5. Косыночная повязка на голову

На подбородок, нос, затылок часто накладывают ***пращевидную повязку***. Для приготовления ее берут кусок широкого бинта длиной около 1 м и с каждого конца разрезают по длине, среднюю часть оставляют целой (рис. 6).

Для укрепления повязки при ранах небольших размеров можно использовать полоски липкого пластыря, которые накладывают на покрывающую рану салфетку параллельно друг другу или в виде креста и приклеивают краями к коже. Такая повязка удобна, в частности, на лице.

При наложении повязки пострадавший ни в коем случае не должен стоять. Его следует усадить, а еще лучше уложить. Нередко даже при

небольших повреждениях под влиянием нервного возбуждения, боли, вида крови у пострадавшего внезапно может наступить кратковременная потеря сознания – ***обморок***. Лицо раненого покрывается потом, он бледнеет, теряет сознание и падает.

Рис. 6. Пращевидные повязки

В таких случаях для восстановления нарушенного кровообращения пострадавшего необходимо уложить так, чтобы голова его была опущена, ноги приподняты (можно подставить под них табуретку, перевернутый стул и т.п.), расстегнуть ему пояс, воротник и другие стесняющие части одежды, обеспечить по возможности приток свежего воздуха (открыть окно, форточку). Лицо и грудь пострадавшего нужно обрызгать холодной водой, к носу поднести вату, смоченную нашатырным спиртом. Как только раненый придет в сознание, следует дать ему горячий чай, валериановые капли.

*Наложение повязок при проникающих ранениях живота и груди*

Наложение повязок при проникающих ранениях живота и груди имеет некоторые особенности. Так, при проникающем ранении живота из раны могут выпадать внутренности, чаще всего кишечные петли. Вправлять их в брюшную полость нельзя – это сделает хирург при операции. Такую рану нужно закрыть стерильной марлевой салфеткой и забинтовать живот, но не слишком туго, чтобы не сдавить выпавшие внутренности. На брюшную стенку вокруг выпавших внутренностей желательно положить ватно-марлевое кольцо, которое предохранит их от давления.

При проникающем ранении грудной клетки часто при каждом вдохе воздух со свистом засасывается в рану, а при выдохе также с шумом выходит через нее. Такое состояние называется открытым пневмотораксом. Оно опасно для жизни, так как воздух, засасываемый через рану, сдавливает легкое, выключает его из акта дыхания и, оттесняя сердце, значительно затрудняет его работу. Такую рану нужно закрыть как можно быстрее. Для этого на рану кладут несколько слоев марли, толстый слой ваты и закрывают ее куском клеенки, компрессной бумаги, прорезиненной оболочкой индивидуального пакета или каким-либо другим, не пропускающим воздух материалом, после чего туго забинтовывают грудную клетку.

*Контрольные вопросы:*

1. Что такое рана? Что такое травма?
2. Какие виды ран вы знаете? Что такое раневая инфекция? Заболевания, связанные с заражением ран?
3. Что такое асептика? Что такое антисептика?
4. Назовите правила наложения повязок? Как правильно обработать рану и наложить бинт?
5. Типы бинтовых повязок?
6. Что может происходить с пострадавшим после получения травмы? Действия для восстановления нарушенного кровообращения?
7. Особенности наложения повязок при проникающих ранениях живота и груди?

## Практическая работа № 7
## Первая помощь при кровотечениях

*Цель работы*: Научиться накладывать жгут; уметь применять знания о строении и функции кровеносной системы, объяснять действия при наложении жгута при артериальном и сильном венозном кровотечениях.

Кровеносные сосуды вместе с сердцем составляют кровеносную систему, деятельность которой обеспечивает в организме движение крови.

При этом клетки и ткани получают из крови кислород и нужные им питательные вещества и выделяют в кровь углекислоту и образовавшиеся в процессе их жизнедеятельности продукты распада.

Сосуды, по которым кровь течет из сердца, называются *артериями*. Самая большая артерия – аорта.

Ритмические сокращения сердца передаются на стенки артерий. Колебания стенки артерии (пульс) можно ощутить, если приложить пальцы в том месте, где артерия расположена поверхностно. Частота пульса у здорового человека соответствует числу сердечных сокращений и равна 70–72 ударам в минуту. Сосчитывают пульс обычно на лучевой артерии, на предплечье, у кисти.

При всяком ранении происходит повреждение кровеносных сосудов, поэтому оно сопровождается кровотечением. Кровотечение может быть небольшим, когда для остановки его не требуется каких-либо специальных мер, а достаточно наложения обычной повязки, но может быть и очень сильным, угрожающим для жизни. Остановка такого кровотечения требует специальных приемов и должна быть осуществлена незамедлительно.

Артериальное кровотечение, возникающее при ранении артерии, узнается по алому, ярко-красному цвету крови, которая выбрасывается из раны струей, в виде фонтана. Артериальное кровотечение опасно для жизни, так как за короткий промежуток времени раненый может потерять большое количество крови. В этом случае до наложения на рану повязки нужно принять немедленные меры к остановке кровотечения.

Так как кровь по артерии течет по направлению от сердца, артериальное кровотечение можно остановить, прижав артерию выше места ранения. Для этого существует несколько способов. Можно сдавить артерию пальцами. Наиболее легко это сделать там, где она проходит вблизи кости или над ней. Например, если рана расположена на предплечье, артерию легко можно прижать к плечевой кости с внутренней стороны плеча. Нужно только заранее

изучить этот прием на самом себе или на ком-нибудь другом и научиться быстро находить артерию по ее пульсации. Пальцы ощущают, что артерия лежит на кости, к которой ее при необходимости и прижимают.

При артериальном кровотечении из голени следует прижать подколенную артерию. Это делают обеими руками. Большие пальцы кладут на переднюю поверхность коленного сустава, а остальными нащупывают артерию в подколенной ямке и прижимают к кости. Бедренную артерию можно легко научиться находить в верхней части бедра, тотчас же под паховой складкой. Прижав ее кулаком, можно остановить кровотечение при ранении бедра.

При кровотечении из раны головы можно попытаться остановить или хотя бы уменьшить его, прижав височную артерию на стороне ранения. Артерия эта проходит на 1–1,5 см кпереди от ушной раковины, где легко обнаружить ее пульсацию.

Кровотечение из щеки останавливают прижатием челюстной артерии, которая, направляясь с шеи к тканям щеки, перегибается через край нижней челюсти между ее углом и подбородком.

При кровотечении из раны, расположенной на шее, сонную артерию прижимают на стороне ранения ниже раны. Пульсацию этой артерии легко найти сбоку от трахеи (дыхательного горла).

При расположении раны высоко на плече, вблизи плечевого сустава или в подмышечной области, остановить кровотечение можно прижатием подключичной артерии в ямке над ключицей. Артерию прижимают к 1 ребру.

Наиболее удобные места прижатия артерий показаны на рис. 1.

Следует иметь в виду, что прижатие артерий к кости требует значительных усилий, и пальцы быстро устают. Даже очень сильный человек не может это делать более 15–20 мин.

При ранении конечности артериальное кровотечение останавливают наложением закрутки или жгута, которые накладывают на бедро или голень,

плечо или предплечье выше места ранения, по возможности ближе к нему.

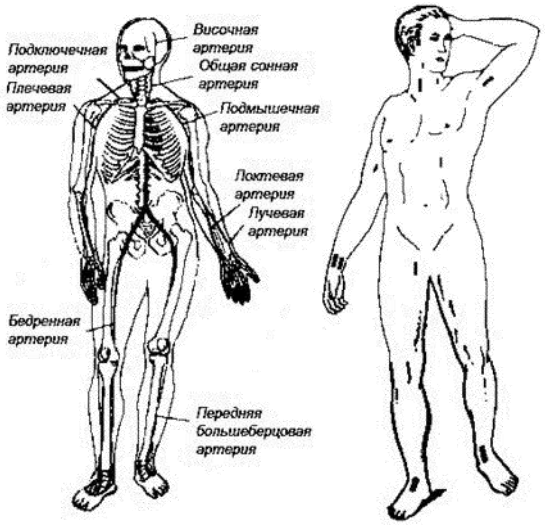



Рис. 1. Наиболее удобные места прижатия артерий

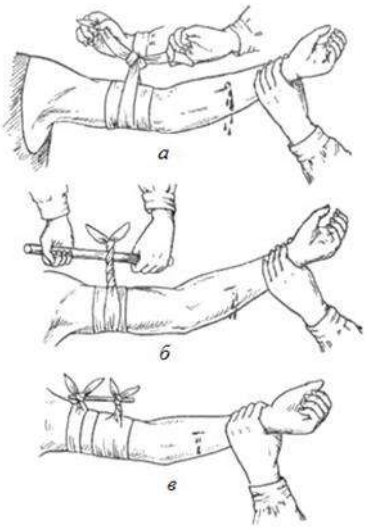



Рис. 2. Остановка артериального кровотечения закруткой: а – завязывание узла; б – закручивание с помощью палочки; в – закрепление палочки

Остановка кровотечения при помощи *закрутки* состоит в том, что конечность выше места ранения обвязывают скрученным в виде жгута платком, веревкой и т.п., а затем, просунув в образованное кольцо палку или какой-либо предмет, вращают его до тех пор, пока конечность не окажется перетянутой, а кровотечение остановленным (рис. 2).

Вместо самодельной закрутки можно пользоваться специальным *кровоостанавливающим резиновым жгутом*, представляющим собой

резиновую трубку или полоску с крючком на одном конце и цепочкой на другом. Резиновый жгут берут за концы, немного растягивают, обводят вокруг конечности 2–3 раза, предварительно подложив под него тканевую прокладку, и закрепляют одно из колец цепочки за крючок. Если рана находится у основания конечности (верхняя треть плеча или бедра), жгут накладывают в виде восьмерки: охватив конечность 2–3 витками жгута, обводят его вокруг туловища и фиксируют.

*Импровизированным жгутом* может служить ремень для брюк. Конечность на том месте, где следует наложить жгут, опоясывают ремнем, и конец его продевают через пряжку сверху вниз. Затем конец ремня обводят вокруг конечности и выводят через пряжку с противоположной стороны. Получается охватывающая конечность двойная петля – внешняя и внутренняя. Потягиванием за конец ремня жгут затягивают. Можно заранее приготовить из ремня двойную петлю, а затем кольцо, образованное из двух петель, надеть на конечность и затянуть. Чтобы закрутка или жгут не ущемляли кожу, ее следует защитить мягкой подкладкой, одеждой и т.п. Раненого с закруткой или жгутом после наложения на рану повязки немедленно направляют к врачу для окончательной остановки кровотечения. Следует помнить, что жгут можно держать не более 1– 1,5 часов, иначе наступит омертвение тканей. Если по истечении этого срока пострадавшему не будет оказана врачебная помощь и кровотечение окончательно остановлено, нужно на несколько минут ослабить закрутку или жгут, обеспечив приток крови к конечности, а затем, если кровотечение возобновится, вновь перетянуть ее. Для контроля за сроком, прошедшим после наложения жгута, к нему или под ним прикрепляют записку (бирку) с указанием временя (дата, часы, минуты) его наложения.

При ранениях конечностей кровотечение может быть временно остановлено путем *максимального сгибания конечности* и фиксации ее в этом положении. Так, при ранении голени в подколенную ямку кладут валик, сделанный из ваты и марли, ногу сгибают в коленном суставе до отказа и в

таком положении фиксируют ремнем, бинтом, полотенцем, косынкой. Этот же прием используют при ранении предплечья. Руку сгибают и фиксируют в локтевом суставе.

При ранении бедра в верхней его части, когда наложить жгут невозможно, ватно-марлевый валик кладут в паховую область, а бедро максимально прижимают к животу и закрепляют его в таком положении (рис. 3).

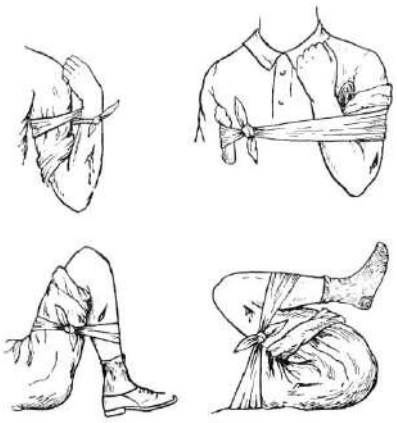


Рис. 3. Остановка кровотечения путем максимального сгибания конечности

При расположении раны в подмышечной области или верхней части плеча у плечевого сустава следует по мере возможности больше завести руку назад и прижать ее к спине.

При *капиллярном кровотечении* кровь сочится по всей поверхности раны, как из губки. Такое кровотечение обычно не бывает сильным, и для остановки его, как уже сказано, в большинстве случаев требуется лишь наложить обычную повязку, как при всякой ране. Если ранена конечность, следует придать ей возвышенное положение – приподнять на некоторое время раненую руку или ногу. Если кровотечение остановилось, наложенная повязка не будет промокать; если же на ней появилось небольшое кровавое пятно, нужно закрыть его несколькими дополнительными оборотами бинта – подбинтовать повязку. Если повязка, несмотря на это, вновь промокнет и, следовательно, кровотечение все же продолжается, нужно наложить так

называемую давящую повязку. Не открывая раны, поверх марли, которой она закрыта, следует положить свернутый в тугой комок кусок ваты или платок и туго забинтовать раненое место так, чтобы этот комок плотно придавил рану.

*Венозное кровотечение.* Кровотечение из вены узнается по темно-красному, вишневому цвету крови, которая вытекает из раны струей, но медленно, спокойно, без толчков.

Такое кровотечение может быть обильным, однако, как правило, для его остановки бывает достаточно наложения давящей повязки и придания пострадавшей части тела возвышенного положения.

Описанные способы остановки кровотечения называются временными. Окончательная остановка кровотечения производится врачом при хирургической обработке раны.

*Внутреннее кровотечение.* Кроме наружных кровотечений, при которых кровь изливается наружу, бывают кровотечения внутренние, когда вытекающая из раненого сосуда кровь скапливается в какой-либо внутренней полости, например, в грудной или брюшной.

Внутреннее кровотечение распознают по внезапно появляющейся бледности лица, побледнению и похолоданию кистей рук и стоп, учащению пульса, наполнение которого становится все более слабым. Возникают головокружение, шум в ушах, появляется холодный пот, затем наступает обморок. Внутреннее кровотечение бывает, например, при ушибе живота вследствие разрыва печени или селезенки. Наружных повреждений при этом может и не быть. При первых же признаках внутреннего кровотечения пострадавшего нужно немедленно направить в лечебное учреждение. Если есть возможность, к области тела, где предполагается внутреннее кровотечение, следует приложить резиновый пузырь или пластмассовый мешок со льдом или холодной водой.

*Контрольные вопросы:*

1. Что такое кровеносная система?

2. Артериальное кровотечение, его опасность для жизни? Способы остановки данного кровотечения?

3. Капиллярное кровотечение и его остановка?

4. Венозное кровотечение и его остановка?

5. Внутреннее кровотечение, его симптомы и первая помощь?

## Практическая работа № 8
## Оказание реанимационной помощи пострадавшему

***Цель работы:*** Обучение и отработка навыков оказания реанимационной помощи пострадавшему.

Применяемое оборудование

«Тренажер Максим» сердечно – легочной и мозговой реанимации пружинно –механический с индикацией правильности выполнения действий. Предназначен для демонстрации, обучения и отработки навыков оказания неотложной помощи. Состоит из фигуры, имитирующей человека, электронного пульта контроля, сетевого адаптера и настенного табло (рис. 1, 2).

Требования безопасности

Работа с тренажером требует применения мер безопасности. Путем осмотра тренажера необходимо убедиться в целостности самого тренажера, проводов и блока питания. Если они нарушены сообщить преподавателю.

Тренажер позволяет проводить следующие операции:

1. Непрямой массаж сердца;

2. Искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос» (в дальнейшем ИВЛ);

3. Имитацию пульса;

4. Контролировать:

а) правильность положения головы и расстегнутый пояс (рис. 3);

б) правильность проведения непрямого массажа сердца (рис. 3);

в) достаточность воздушного потока при проведении ИВЛ (рис. 3);

г) правильность проведения реанимации пострадавшего одним или двумя спасателями (рис. 3);

д) состояние зрачков у пострадавшего (рис. 5).

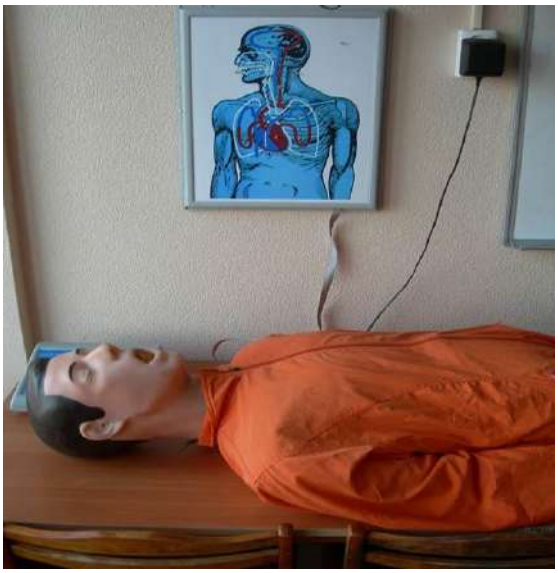


Рис.1. Общий вид «Тренажер Максим» сердечно – легочной и мозговой реанимации

Тренажер снабжен электронным пультом контроля, с помощью которого определяется правильность положения головы, достаточность вдуваемого воздуха, усилие компрессии, правильность положения рук при непрямом массаже сердца, правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями, состояние зрачков пострадавшего, появление пульса (рис. 2).

Рис. 2. Общий вид электронного пульта контроля и настенного табло

Тренажер можно использовать в трех режимах:

I-учебный-используеться для отработки отдельных элементов реанимации;

II-тестовый-режим реанимации одним спасателем;

III-тестовый - режим реанимации двумя спасателями.

После правильно проведенного комплекса реанимации тренажер автоматически оживает (появляется пульс на сонной артерии, и сужаются зрачки у пострадавшего) (рис. 3, 5).

Настенное табло является увеличенным изображением торса человека со световой сигнализацией действий по реанимации пострадавшего. Табло подключается к электронному пульту контроля с помощью разъемов, расположенных на задней панели пульта и позволяет наглядно демонстрировать процесс реанимации (рис. 2).

Порядок выполнения работы

Для проведения лабораторной работы необходимо: положить тренажер горизонтально, подключить адаптер к сети 220В и 50Гц специальным кабелем к источнику постоянного тока 12 - 14В. Включить тумблер подачи питания, расположенный на задней панели электронного пульта. При этом на пульте включится зеленый сигнал «вкл. сеть», а также красные,

сигнализирующие о том, что пояс пострадавшего не расстегнут, а голова не запрокинута (аналогичные сигналы на настенном табло) (рис. 3). Включить (при желании) тумблер «Звуковые сигналы», расположенный на задней панели пульта (рис. 3).

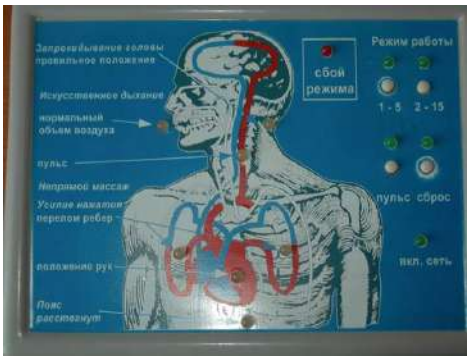



Рис.3. Расположение и виды сигнализаций пульта контроля

«Тренажер Максим» используется в трех режимах, описание которых приводится ниже.

I. Учебный режим.

Порядок действий:

1. Обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера (при угле запрокидывания 15 - 20 градусов, включается зеленый сигнал «Правильное положение») (рис. 3).

2. Расстегнуть пояс (включается зеленый сигнал «Пояс расстегнут») (рис. 11).

3. Провести по правилам первой медицинской помощи непрямой массаж сердца (рис. 5).

Рис.4. Положения рук проводящего наружный массаж сердца

При прикладываемом усилии в 25±2 кгс. (глубине продавливания 3 - 4 см.), включается зеленый сигнал «Положение рук» (рис. 3). При усилии свыше32 кгс (смещении грудины более чем на 4 см) включаются 2 красных сигнала «Перелом ребер».

Руки спасателя при отработке навыков непрямого массажа сердца должны находиться выше мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии 2-х пальцев. В случае неправильного положения, включается красный сигнал «Положение рук» (рис. 3), и действия спасателей будут считаться неправильными.

4. Провести по правилам оказания первой медицинской помощи ИВЛ (рис. 12). При достаточно интенсивном поступлении воздуха в легкие (скорость воздушного потока не менее 2 л/с), включается зеленый сигнал «Нормальный объем воздуха» (рис. 3).

5. Проконтролировать на сонной артерии тренажера наличие пульса можно, включив кнопку «Пульс» (рис. 3).

6. Проверить состояние зрачков глаз пострадавшего, оттянув веко вверх (рис. 5).

Рис. 5. Проверка состояния зрачка пострадавшего

При этом зрачки глаз будут расширены – пострадавший находится в состоянии клинической смерти. При включении кнопки “Пульс” зрачки глаз тренажера становятся нормальными (рис. 3), - функции пострадавшего организма восстановлены (рис. 5). Кроме этого при каждом правильном нажатии при выполнении непрямого массажа сердца происходит сужение зрачков.

7. В случае работы с демонстрационным табло, вся световая сигнализация о действиях спасателей идентична сигнализации на электронном пульте (рис. 2).

Внимание!

После выполнения всех учебных действий необходимо нажать кнопку «Сброс», при этом включается зеленый сигнал (рис. 4).

II. Режим реанимации одним спасателем («2 - 15»).

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего одним человеком.

Порядок действия:

Нажать кнопку «Сброс» (рис.3).

Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал) (рис. 3). Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал) (рис. 3). Включить режим работы «2 - 15» (рис. 3). Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой медицинской помощи (рис.4) (2ИВЛ + 15 нажатий, 5 - 6 циклов в течение минуты).

При неправильных действиях включается один из красных сигналов на торсе пострадавшего или красный сигнал «Сбой режима» (рис. 3). При правильных действиях в течение 1 минуты появляется пульс на сонной артерии (рис 6), зрачки сужаются (рис. 5).

Рис. 6. Проверка пульса на сонной артерии

*Контрольные вопросы:*

1. Назовите признаки клинической смерти.
2. Назовите признаки биологической смерти.
3. Назовите основные правила определения пульса у пострадавшего.
4. Расскажите порядок действий при подготовке пострадавшего к проведению сердечно-легочной реанимации.
5. Расскажите порядок действий при проведении сердечно-легочной реанимации.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Физиология человека» выполняется по варианту, номер которого определяется в соответствии с цифрой учебного шифра.

Объем работы 10-15 машинописных страниц, Ответы на вопросы подготовить на компьютере, иметь распечатку и запись на электронном носителе, либо написанные разборчивым подчерком (поля 3 см) в ученической тетради;

Каждый вопрос контрольного задания должен записываться как заголовок раздела работы (ответа на вопрос);

Ответы должны излагаться конкретно по существу вопросов и содержать иллюстративный материал и примеры из личной профессиональной деятельности;

Использованные в ответах цитаты должны быть выделены кавычками с указанием источников и страницы;

В конце работы должен быть приведен список изученной и использованной литературы, оформленной по примеру перечня литературы, приведенном в данных методических указаниях;

**Контрольная работа №1**

Вариант №1

1. Значение кишечной микрофлоры для организма человека.
2. Условно-рефлекторная и произвольная регуляция дыхания
3. Системы теплопродукции и теплоотдачи и механизмы их регуляции.

Вариант №2

1. Органы выделения и их значение для жизнедеятельности организма.
2. Гормоны половых желез.
3. Теплоотдача. Способы отдачи тепла.

Вариант № 3

1. Структурно-функциональная организация мозга.
2. Стресс. Общий адаптивный синдром Г. Селье.
3. Влияние высоких и низких температур на процессы теплопродукции и теплоотдачи.

Вариант №4

1. Центральная нервная система: головной и спинной мозг.
2. Утомление и переутомление. Монотония.
3. Потоотделение, озноб и другие внешние проявления регуляции температурного гомеостаза.

Вариант №5

1. Вегетативная (автономная) нервная система: симпатический и парасимпатические отделы.
2. Основные функции эндокринной системы.

3. Малый круг кровообращения.
Вариант №6
1. Структура и функции нервных клеток.
2.Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянство температуры внутренней среды при изменениях температуры внешней среды.
3. Строение и функции сосудистой системы.
Вариант №7
1. Нервы, их строение и классификация.
2. Почки, их роль в поддержании азотистого баланса, осмотического давления, pH крови, объема крови.
3. Большой и малый круг кровообращения.
Вариант №8
1. Регуляции позы и движений.
2. Строение и функции слухового анализатора.
3. Функции печени.
Вариант №9
1. Группы крови человека.
2. Центральные механизмы чувства равновесия.
3. Большой круг кровообращения.
Вариант №10
1. Нейрофизиологические корреляты сознания.
2. Функции мозжечка.
3. Функции селезенки.
Вариант №11
1. Кора надпочечников. Симпато – адреналовая система
2. Функции кожи (эпидермиса).
3. Лимфатическая система.
Вариант №12
1. Функциональная классификация кровеносных сосудов.
2. Субъективная и объективная физиология вкуса.
3. Механизмы адаптации организма к действию низких и высоких температур.
Вариант №13
1. Виды кожной чувствительности, боль.
2. Физиология чувства равновесия.
3. Газообмен в легких и тканях.
Вариант №14
1. Глаз и его диоптрический аппарат.
2. Переваривание и всасывание.
3. Регуляция дыхания.
Вариант №15
1. Бинокулярное зрение.
2. Гормоны поджелудочной железы и регуляция содержания глюкозы в крови.
3. Кровотворение (гемопоэз).

Вариант №16
1. Цветовое зрение.
2. Гормональная регуляция водно-солевого равновесия.
3. Газообмен в легких и тканях.
Вариант №17
1. Физиология обоняния.
2. Функции желудочно-кишечного тракта.
3. Транспортировка O2 и CO2. в организме.
Вариант №18
1. Функции среднего и внутреннего уха.
2. Моторная и секреторная функции желудочно-кишечного тракта.
3. Функции среднего и внутреннего уха.
Вариант №19
1. Физиология чувства равновесия.
2. Процессы обмена веществ и расхода энергии в организме человека.
3. Бинокулярное зрение.
Вариант №20
1. Центральные механизмы чувства равновесия.
2. Регуляция обмена веществ и расхода энергии.
3. Сердечный цикл и его фазовая структура
Вариант №21
1. Боль: соматическая и висцеральная. 2. Перенос углекислоты кровью.
3. Цветовое зрение.
Вариант №22
1. Вкус и обоняние..
2. Нейрофизиология зрения.
3. Центральная нервная система (ЦНС): структурные образования головного и спинного мозга.
Вариант №23
1. Регуляция позы и движений.
2. Строение и функции поперечно-полосатых мышц.
3. Строение и функции сердца.
Вариант №24
1. Жажда и голод.
2. Синергизм и антагонизм в действиях мышц.
3. Функции вегетативной нервной системы.
Вариант №25
1. Условия возникновения чувства жажды.
2 Условные и безусловные рефлексы.
3. Форменные элементы крови: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты,их функции.
Вариант №26
1. Центральные механизмы голода и насыщения.
2. Адаптация организма человека к гипоксии.

3. Рефлекс, рефлекторный путь.
Вариант №27
1. Сон и бодрствование.
2. Перенос кислорода кровью.
3. Функции симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.
Вариант №28
1. Особенности теплообмена при различной деятельности.
2. Перенос углекислоты кровью.
3. Скелет туловища.
Вариант №29
1. Скелет верхней и нижней конечности.
2. Защитная функция крови.
3. Процессы возбуждения и торможения в ЦНС.
Вариант №30
1. Нейрон как структурно – функциональная единица ЦНС.
2. Группы крови человека.
3. Факторы, вызывающие голод. Насыщение.
Вариант №31
1. Физиология желез внутренней секреции .
2. Понятие о гомеостазе.
3. Условия возникновения чувства жажды. Утоление жажды.
Вариант №32
1. Строение и функции сердца.
2..Вестибулярный аппарат как анализатор положения и перемещения тела в пространстве.
3. Строение и функции гладкой мускулатуры.
Вариант №33
1. Механическая работа сердца.
2. Форменные элементы крови: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты их функции.
3. Сон и бодрствование.
Вариант №34
1. Структура и свойства гемоглобина. Перенос кислорода кровью.
2. Жажда и голод.
3. Физиологические механизмы долговременной и кратковременной памяти.

**Контрольная работа №**2 «Исследование действий и макродвижений в процессе развития профессиональных навыков у операторов технических систем»

*Цель работы:* освоить понятие – действие; выявить закономерности формирования профессиональных навыков.

Выполнение работы

1. Установить на центр тяжести кисти респондента световой датчик.

2. Произвести съемку выполнения действия респондента при наборе текста.
3. Произвести обработку полученных изображений.
4. Построить траектории движений пользователя в зависимости от времени.
Выводы: указать, как влияет повторяемость на динамику действий работника, выделить макродвижения и микродействия.

Контрольные вопросы

1. Указать структуру действий работника.
2. Что понимается под навыком?
3. Что понимается под действием?
4. Что понимается под микродействием и макродвижением?
5. Характерные особенности формирования действий работника?

4 Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентов

Ознакомиться с теоретической частью и ответить на контрольные вопросы.

Вопросы и задания составлены в соответствии разделами и темами рабочей программы учебной дисциплины «Физиология человека» для удобства при самостоятельной подготовке студентов к учебным занятиям.

Теоретическая часть

**Тема 1: Основные морфо-функциональные понятия. Основы межклеточной коммуникации, информационного обмена и регуляции физиологических функций клетки.**

Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.

Физиология как научная основа медицины, предмет и задачи дисциплины. Связь физиологии с другими научными дисциплинами. Физиология как научная основа диагностики здоровья, здорового образа жизни, прогнозирования функционального состояния и работоспособности человека.

Единство организма и внешней среды. Гомеостаз. Клетка и ее функции. Ткани организма.

Раздражимость, возбудимость как основа реакции ткани на раздражение. Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Механизмы регуляции: нервный и гуморальный. Понятие о саморегуляции. Системная организация функций (И.П.Павлов, П.К.Анохин). Понятие системы. Системогенез.

**Тема 2: Физиология высшей нервной деятельности**

Роль ЦНС в интегративной приспособительной деятельности организма. Нейрон как структурно-функциональная единица ЦНС. Закономерности и особенности возбуждения в ЦНС. Торможение в ЦНС. Общие принципы координационной деятельности ЦНС. Взаимодействие между процессами возбуждения и торможения как основа координационных рефлексов.

Роль спинного мозга в процессах регуляции деятельности опорно-двигательной системы и вегетативных функций организма. Продолговатый мозг и варолиев мост. Средний мозг. Мозжечок. Ретикулярная формация. Таламус. Гипоталамус. Лимбическая система. Базальные ядра. Кора больших полушарий головного мозга.

Структурно-функциональные особенности соматической и вегетативной нервной системы.

Вегетативные нервные центры. Роль гипоталамуса, мозжечка, лимбической системы, ретикулярной формации и коры больших полушарий в регуляции вегетативных функций.

Участие вегетативной нервной системы в интеграции функций при

формировании целостных поведенческих актов. Вегетативные компоненты поведения.

**Тема 3: Гормоны**

Гормональная регуляция физиологических функций. Биологические особенности поведения. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты), их значение для приспособительной деятельности организма.

Мотивации. Условный рефлекс как форма приспособления к изменяющимся условиям существования. Закономерности образования и проявления условных рефлексов. Классификация условных рефлексов. физиологические механизмы образования условных рефлексов. Их структурно-функциональная основа.

Аналитико-синтетическая деятельность коры больших полушарий. значение обучения и приобретения трудовых навыков. Типы высшей нервной деятельности человека (И.П.Павлов). Эмоции, их биологическая роль. Бодрствование. Сон. Теории механизмов сновидений.

Физиологические основы психики человека (внимание, восприятие, память, мышление, сознание, речь). Физиологические основы трудовой деятельности. Особенности физического и умственного труда. Роль эмоций. проблема утомляемости целостного организма. Факторы, способствующие развитию утомления. Активный отдых и его механизмы.

**Тема 4: Физиология опорно-двигательного аппарата**

Опорно-двигательная система (аппарат). Кости и их соединения. Мышечная система. Особенности скелета человека, связанные с прямохождением и трудовойдеятельностью. Профилактика заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Первая помощь при переломах, транспортная иммобилизация.

**Тема 5: Физиология сенсорных систем**

Понятие об органах чувств, анализаторных и сенсорных системах. Значение анализаторов в познании мира. Системный характер восприятия. Функциональная организация анализаторов. Ноцицепция.

**Тема 6: Физиология системы кровообращения**

Понятие о внутренней среде организма (кровь, лимфа, внесосудистые жидкости). Гемостаз. Иммунитет.

Групповая принадлежность крови по системе АВО и резус-принадлежности. Лимфа. Внесосудистые жидкие среды организма (интерстициальная, спинномозговая, синовиальная, плевральная, перитонеальная, жидкая среда глазного яблока, слизь). Их роль в обеспечении жизнедеятельности клеток организма.

Морфофункциональная характеристика кровo- и лимфообращения. Роль

и место системы кровообращения в поддержании жизнедеятельности организма. Сердечный цикл и его фазовая структура. Системное кровообращение. Органное кровообращение. Микроциркуляция. Лимфатическая система, ее строение и функции.

Первая помощь при кровотечениях.

**Тема 7: Физиология системы дыхания**

Газообмен в легких и тканях. Механизм дыхательных движений. Взаимосвязь дыхания и кровообращения.

Первая помощь при нарушении деятельности органов дыхания и кровообращения

**Тема 8: Физиология системы пищеварения. Обмен веществ и энергии, питание, терморегуляция**

Физиологические основы голода и насыщения. Функциональная система, поддерживающая постоянство питательных веществ в крови. Типы пищеварения (внутриклеточное, полостное, мембранное). Пищеварительный процесс, его проявления (секреция, моторика, всасывание). Основные принципы и механизмы регуляции пищеварения. Фазы секреции главных пищеварительных желез. Непищеварительные функции пищеварительной системы. Эндокринная функция пищеварительного тракта, эффекты гастроинтестинальных гормонов. Инкреция пищеварительных ферментов. Иммунная система пищеварительного тракта. Пищеварение в полостях рта, в желудке и кишечнике. Печень, ее функция

Общее понятие об обмене веществ в организме. Регуляция обмена питательных веществ в организме. Значение води для организма. Факторы, определяющие ее распределение и перемещение в организме. Понятие о водном балансе. Витамины, их физиологическая роль.

Энергетический баланс организма. Энергетические затраты организма при разных видах труда.

Постоянство температуры внутренней среды организма как необходимое условие нормального протекания метаболических процессов. температура тела человека, суточные колебания. Температура различных участков кожных покровов и внутренних органов. Физическая и химическая терморегуляция. Обмен веществ как источник образования тепла. Роль отдельных органов в теплопродукции. Теплоотдача. Способ отдачи тепла с поверхности тела (излучение, проведение, потоотделение). Периферические и центральные механизмы терморегуляции. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды при изменении температуры внешней среды. Первая помощь при отравлениях.

**Тема 9: Физиология системы выделения. Репродуктивная функция**

Органы выделения (почки, кожа, легкие, пищеварительный тракт), их участие в поддержании гомеостаза организма.

Первая помощь при внутренних повреждениях.

Кожа. Кожа как выделительный орган. Функции сальных и потовых желез, регуляция их деятельности. Невыделительные функции кожи (барьерная, защитная, терморегуляторная и др.).

Физиология полового развития и репродуктивной системы. Механизмы регуляции репродуктивной функции. Половое влечение. Оплодотворение. Беременность. Возрастные и половые особенности репродуктивного здоровья. Оценка репродуктивного здоровья.

**Тема 10: Адаптационно-компенсаторные механизмы организма**

Адаптация и компенсация как различные виды приспособительных реакций организма. Виды адаптаций. Индивидуальная адаптация. Биологические и социальные факторы, лежащие в основе адаптации. Фазы и критерии адаптации. Пассивный и активный тип приспособления. Механизмы развития адаптивных реакций. Проблема компенсации измененных функций. Понятие адаптации и компенсации с позиций аналитического и системного подходов. Интегративная деятельность организма. Понятие об интеграции и интегративных функциях организма. Взаимосвязь органов и систем. Взаимодействие и взаимосоответствие. Возрастные изменения организма.

Список литературы:

1 Грибанова, О. В. Анатомия, физиология и биохимия эндокринной системы человека [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Грибанова, Г. Е. Завьялова, Т. Г. Щербакова. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград : Волгоградский государственный социально-педагогический университет, «Перемена», 2018. — 101 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/80294.html

2 Баскаков, М. Б. Анатомия и физиология человека. Основы морфологии человека и общей патологии клетки [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / М. Б. Баскаков. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2017. — 114 c. — 978-5-4488-0013-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66385.html

3 Удальцов, Е. А. Основы анатомии и физиологии человека [Электронный ресурс] : практикум / Е. А. Удальцов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 144 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55488.html

4 Ситуационные задачи и упражнения по физиологии человека [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Е. И. Новикова [и др.]под ред. Е. И. Новикова. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград : Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2015. — 78 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/40704.html

5 Герасимович И. С. Основы физиологии человека/И. С. Герасимович, А. И. Ермолаев. - 2011

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ, КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ, КУРСОВОЙ РАБОТЫ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.В.09.13 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: [Демина Т.В., доцент, к.т.н.]

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Содержание

1 Методические указания для выполнения практических работ…… 3
2 Методические указания для выполнения контрольной работы…….. 67
3. Методические указания для выполнения курсовой работы…….69
3 Методические указания для выполнения самостоятельной работы…… 72
Список литературы……. 133

# 1 Методические указания для выполнения практических работ

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ТЕМА: Снижение уровня шума с помощью различных технических методов

Шумом называют любой нежелательный звук или сочетание звуков, вызывающих неприятные ощущения у человека.

С физической точки зрения звук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды.

Для защиты от акустических колебаний (шума, инфра- и ультразвука) можно использовать следующие методы:

- снижение звуковой мощности источника звука;
- размещение рабочих мест с учетом направленности излучения звуковой энергии;
- удаление рабочих мест от источника звука;
- акустическая обработка помещений;
- звукоизоляция;
- применение глушителей;
- применение средств индивидуальной защиты.

*Снижение звуковой мощности источника звука.* Снижения шума механизмов и машин достигается изменением технологического процесса (например, замена клепки сваркой).

Аэродинамический шум, вызываемый движением потоков воздуха и газа и обтеканием им элементов механизмов и машин, — наиболее мощный источник шума, снижение которого в источнике наиболее сложно. Для уменьшения интенсивности генерации шума улучшают аэродинамическую форму элементов машин, обтекаемых газовым потоком, и снижают скорость движения газа.

*Изменение направленности излучения шума*. При размещении установок с направленным излучением необходима соответствующая ориентация этих установок по отношению к рабочим и населенным местам, поскольку величина направленности может достигать 10...15 дБ. Например, отверстие воздухозаборной шахты вентиляционной установки или устье трубы сброса сжатого газа необходимо располагать так, чтобы максимум излучаемого шума был направлен в противоположную сторону от рабочего места.

*Удаление рабочих мест от источника звука.* Увеличение расстояния от источника звука в 2 раза приводит к уменьшению уровня звука на 6 дБ.

*Акустическая обработка помещения* — это мероприятие, снижающее интенсивность отраженного от поверхностей помещения (стен, потолка, пола) звука. Для этого применяют звукопоглощающие облицовки поверхностей помещения (рисунок 1.1, *а)* и штучные (объемные) поглотители различных конструкций (рисунок 1.1, б), подвешиваемые к потолку помещения. Поглощение звука происходит путем перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или поглотителя. Для большей эффективности звукопоглощения пористый материал должен иметь открытые со стороны падения звука незамкнутые поры.

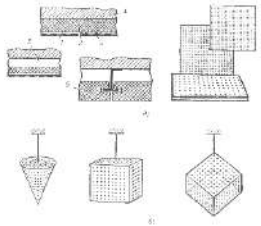


Рисунок 1.1 – Акустическая обработка помещений: а – звукопоглощающая

облицовка помещений: 1 – защитный перфорированный слой; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитная стеклоткань; 4 – стена или потолок; 5 – воздушный промежуток; 6 – плита из звукопоглощающего материала; б – звукопоглотители различных конструкций

Звукопоглощающие материалы характеризуются *коэффициентом звукопоглощения* $\alpha$, равным отношению звуковой энергии, поглощенной материалом, и энергии, падающей на него. Звукопоглощающие материалы должны иметь коэффициент звукопоглощения не менее 0,3. Чем это значение выше, тем лучше звукопоглощающий материал. Звукопоглощающие свойства пористых материалов определяются толщиной слоя, частотой звука, наличием воздушной прослойки между материалом и поверхностью помещения.

Штучные звукопоглотители применяют при недостаточности свободных поверхностей помещения для закрепления звукопоглощающих облицовок. Поглотители различных конструкций, представляющие собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом (тонкими волокнами), подвешивают к потолку равномерно по площади.

*Звукоизоляция.* При недостаточности указанных выше мероприятий для снижения уровня шума до допустимых значений или невозможности их осуществления применяют звукоизоляцию. Снижение шума достигается за счет уменьшения интенсивности прямого звука путем установки ограждений, кабин, кожухов, экранов (рисунок 1.2). Сущность звукоизоляции состоит в том, что падающая на ограждение энергия звуковой волны отражается в значительно большей степени, чем проходит через него.

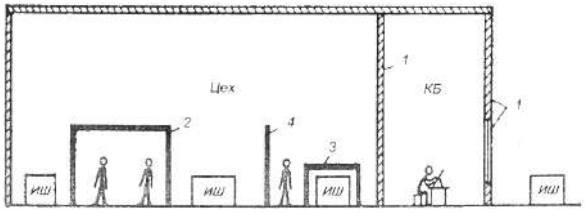



Рисунок 1.2 – Средства звукоизоляции: 1 – звукоизолирующее ограждение; 2 – звукоизолирующие кабины и пульты управления; 3 – звукоизолирующие кожухи; 4 – акустические экраны; ИШ – источник шума

Перегородки выполняют из бетона, кирпича, дерева и т. п. Наиболее шумные механизмы и машины закрывают кожухами, изготовленными из конструкционных материалов — стали, сплавов алюминия, пластмасс и др., и облицовывают изнутри звукопоглощающим материалом.

*Экранирование* источников шума или рабочих мест. Защитные свойства экрана возникают из-за того, что при огибании прямой звуковой волной кромок экрана за ним образуется зона звуковой тени тем большей протяженности, чем меньше длина волны (выше частота звука). Так как экран защищает только от прямой звуковой волны, его применение эффективно только в области превалирования прямого шума над отраженным. Поэтому экраны надо устанавливать между источником шума и рабочим местом, если они расположены недалеко друг от друга.

*Глушители* применяют для снижения аэродинамического шума. Глушители шума принято делить на абсорбционные, использующие облицовку поверхностей воздуховодов звукопоглощающим материалом; реактивные - типа расширительных камер, резонаторов, узких отростков, длина которых равна ¼ длины волны заглушаемого звука; комбинированные, в которых поверхности реактивных глушителей облицовывают звукопоглощающим материалом; экранные.

При наличии нескольких источников суммарный уровень шума определяется по следующим формулам.

Если источники звука одинаковы, т. е. каждый в отдельности создает на рабочем месте одинаковый уровень шума:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10\lg n, \qquad (1.1)$$

где $L_1$ — уровень шума, создаваемый одним источником, $n$ — число одинаковых источников звука.

Если источники звука различны:

$$L_{\Sigma} = 10\lg\left(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + ... + 10^{0,1L_n}\right), \qquad (1.2)$$

где $L_1$ $L_2$, ..., $L_n$ — уровни шума, создаваемые каждым источником.

Значения $10 \lg n$ в зависимости от числа источников шума принимаются в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1

| Число источников шума $n$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | 40 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Величина $10 \lg n$ | 0 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 13 | 15 | 16 | 20 |

*Средства индивидуальной защиты*. К СИЗ от шума относят ушные вкладыши, наушники и шлемы.

*Вкладыши* — мягкие тампоны из ультратонкого материала, вставляемые в слуховой канал. Их эффективность не очень высока и в зависимости от частоты шума может составлять 5...15дБ.

*Наушники* плотно облегают ушную раковину и удерживаются на голове дугообразной пружиной. Их эффективность изменяется от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

*Шлемы* применяют при воздействии шумов очень высоких уровней (более 120 дБ). Они закрывают всю голову человека, т. к. при таких уровнях шума он проникает в мозг не только через ухо, но и непосредственно через черепную коробку.

1. Практическая часть.

2.1 Определить уровень шума от источников, если учесть, что они одинаковы (использовать формулу 1.1).

Исходные данные для расчета приводятся в таблице 1.2.

Таблица 1.2

| *Вариант 1* | *Вариант 2* | *Вариант 3* | *Вариант 4* | *Вариант 5* | *Вариант 6* | *Вариант 7* | *Вариант 8* | *Вариант 9* | *Вариант 10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *$L_1$=95; n=3* | *$L_1$=80; n=4* | *$L_1$=90; n=5* | *$L_1$=70; n=6* | *$L_1$=75; n=10* | *$L_1$=80; n=3* | *$L_1$=75; n=20* | *$L_1$=70; n=30* | *$L_1$=65; n=40* | *$L_1$=60; n=100* |

1.2. Снизить уровень шума с помощью средств звукоизоляции.

Для этого необходимо определить звукоизолирующую способность оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения определяется по формуле:

$$R = 20\lg \rho_S f - 9 \qquad (1.3)$$

где $\rho_s$ – поверхностная плотность ограждения, кг/м$^2$;

$f$ – частота колебаний звука, Гц.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

| Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5 | Вариант 6 | Вариант 7 | Вариант 8 | Вариант 9 | Вариант 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\rho_s$=470 кг/м$^2$; f=500 Гц | $\rho_s$=175 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=950 кг/м$^2$; f=250 Гц | $\rho_s$=500 кг/м$^2$; f=1000 Гц | $\rho_s$=750 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=150 кг/м$^2$; f= 100 Гц | $\rho_s$=250 кг/м$^2$; f=500 Гц | $\rho_s$=100 кг/м$^2$; f=250 Гц | $\rho_s$=600 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=650 кг/м$^2$; f=500 Гц |

2.3 Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения считается достаточной, если R≥80 дБ.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №1.
2. Выполнить расчет звукоизолирующей способности оградительной стены.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ существующих методов защиты от шума.
2. Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под шумом?
2. Какие методы применяются для защиты от шума?
3. Что представляет собой каждый из этих методов?
4. Что называется коэффициентом звукопоглощения?
5. Как определяется суммарный уровень звукового давления?
6. Что относится к СИЗ от шума?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие шум.
2. Гигиеническое нормирование акустических колебаний.

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ТЕМА: Снижение вибрации с помощью различных технических методов и средств защиты

Теоретическая часть

*Вибрация* представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Принято различать общую и локальную вибрацию.

Методы и средства виброзащиты подразделяются на коллективные и индивидуальные.

Наиболее эффективными являются средства коллективной защиты. Виброзащита осуществляется следующими основными методами:

- снижением виброактивности источника вибрации;
- применением вибродемпфирующих (вибропоглощающих) покрытий, приводящих к снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции за счет рассеяния энергии механических колебаний;
- виброизоляцией, когда между источником и защищаемым объектом размещается дополнительное устройство, так называемый виброизолятор;

- динамическим гашением вибрации, при котором к защищаемому объекту присоединяется дополнительная механическая система, изменяющая характер его колебаний;
- активным гашением вибрации, когда для виброзащиты используется дополнительный источник вибрации, который в сравнении с основным источником генерирует колебания той же амплитуды, но противоположной фазы.

К средствам индивидуальной защиты относятся виброзащитные подставки, сиденья, рукоятки, рукавицы, обувь.

*Снижение виброактивности конкретного источника вибрации* зависит от особенностей его работы. Общим подходом к решению этой задачи является уменьшение энергии возмущающих сил за счет уменьшения частоты вращения или размеров вращающихся масс и соответственно линейных скоростей или перераспределение этой энергии во времени, сделав, например, более плавным процесс сгорания топлива в энергетической установке.

К эффективным средствам снижения виброактивности источника относится также замена металлических деталей на пластмассовые (из капрона, текстолита и т. п.), обладающие большим внутренним трением.

Важную роль в снижении виброактивности имеет балансировка вращающихся частей машин, которую осуществляют на специальных станках.

При *вибродемпфировании* снижение вибрации происходит за счет рассеяния энергии механических колебаний в результате преобразования ее в тепловую при возникающих в материале конструкции деформациях. В результате амплитуда упругих волн, распространяющихся по конструкциям, уменьшается по мере удаления от источника.

Применяются следующие методы демпфирования конструкций:

- изготовление деталей из материалов, обладающих большим коэффициентом потерь: чугун, сплавы меди и марганца, некоторые виды пластмасс (например, сплавы меди имеют коэффициент потерь, равный 0,2, а текстолит — 0,4);
- нанесение на детали конструкции вибродемпфирующих покрытий;
- использование вибродемпфирующих засыпок из сухого песка, чугунной дроби, а также жидкостных прослоек.

*Виброгашение* осуществляют путем установки агрегатов на массивный фундамент (рисунок 2.1). Этот способ нашел широкое применение при установке тяжелого оборудования (молотов, прессов, вентиляторов, насосов и т. п.).

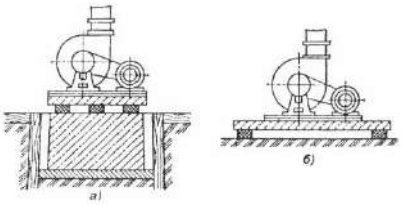


Рисунок 2.1 – Установка агрегатов на виброгасящем основании: а – на фундаменте и грунте; б – на перекрытии

Одним из способов подавления вибраций является установка динамических виброгасителей, представляющих собой дополнительную колебательную систему.

Схема динамического виброгасителя показана на рисунке 2.2. Динамический виброгаситель крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата. Недостатком динамического виброгасителя является то, что он подавляет колебания только определенной частоты, соответствующей его собственной.

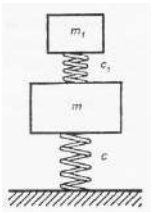


Рисунок 2.2 – Схема динамического виброгасителя

*Виброизоляция* — это уменьшение передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. В качестве таких устройств могут быть: виброизоляторы (пружинные, резиновые, комбинированные и др.); гибкие вставки в коммуникациях воздуховодов и в местах их прохождения через строительные конструкции; «плавающие» полы (настил пола отделяется от перекрытия упругими прокладками) и др.

На рисунке 2.3 изображены типовые конструкции пружинных и резиновых виброизоляторов.

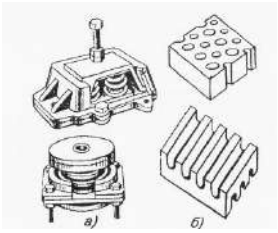


Рисунок 2.3 – Виброизолирующие опоры:
а – пружинные; б – резиновые виброизоляторы

Виброизолироваться может источник вибрации или рабочее место обслуживающего установку персонала. На рисунке 2.4 показан пример виброизоляции источника вибрации — вентиляционной установки.

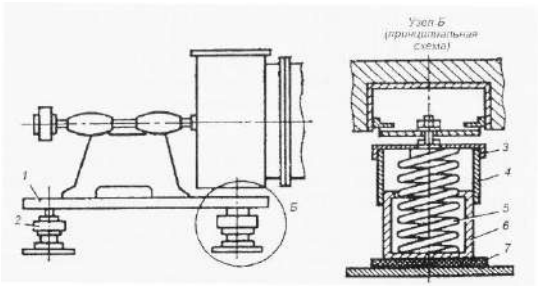


Рисунок 2.4 – Устройство виброизоляции вентиляционной установки:
1 – опорная плита; 2 – виброизоляторы; 3 – крышка корпуса; 4 – подвижная часть корпуса; 5 – пружина; 6 – неподвижная часть корпуса; 7 – виброизолирующая прокладка

Средства коллективной зашиты (СКЗ) располагаются между источником вибрации и оператором. К СКЗ оператора относятся подставки, сидения, кабины, рукоятки.

К средствам индивидуальной защиты от вибраций относятся также СИЗ для рук и ног. В качестве СИЗ для рук применяются *рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки.*

*Виброзащитные рукавицы* отличаются от обычных рукавиц тем, что на их ладонной части или в накладке закреплен упругодемпфирующий элемент, который выполняется из поролона или губчатой резины.

*Виброзащитная обувь* изготавливается в виде сапог, полусапог и полуботинок с упругодемпфирующим низом обуви и применяется в условиях общей вибрации.

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с ручными

машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15—20 мин.

1. Практическая часть

Произведем расчет эффективности виброизоляции, согласно исходным данным в таблице 2.1.

Таблица 2.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | n=83с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=6 см | Вариант 6 | n=78с$^{-1}$; материал прокладки – плита из пробковой крошки; h=4 см |
| Вариант 2 | n=80с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=5 см | Вариант 7 | n=87с$^{-1}$; материал прокладки – войлок мягкий; h=7 см |
| Вариант 3 | n=90с$^{-1}$; материал прокладки – мягкая резина; h=7 см | Вариант 8 | n=92с$^{-1}$; материал прокладки – войлок жесткий прессованый; h=6 см |
| Вариант 4 | n=96с$^{-1}$; материал прокладки – ребристая резиновая плита с отверстиями; h=8 см | Вариант 9 | n=105с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=5 см |
| Вариант 5 | n=100с$^{-1}$; материал прокладки – пробка натуральная; h=9 см | Вариант 10 | n=96с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=7 см |

Эффективность виброизоляции рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = 20\lg\left[\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1\right], \quad \partial Б \qquad (2.1)$$

где $f$ – частота вынужденных колебаний;

$f_0$ – собственная частота виброизолированной системы.

$$f_0 = \frac{0{,}5}{\sqrt{x_{CT}}}, \quad \text{Гц} \qquad (2.2)$$

где $x_{CT}$ – статическая осадка виброизоляторов под действием силы тяжести машины.

Допустимая величина статической осадки $x_{CT}$ амортизаторов из упругих прокладок зависит от их материала. Найдем ее из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Допустимая величина статической осадки

| Материалы | $x_{CT}$, см |
|---|---|
| Губчатая резина | 0,01 h |
| Мягкая резина | 0,016 h |
| Ребристая резиновая плита с отверстиями | 0,02 h |
| Резина средней жесткости | 0,015 h |
| Пробка натуральная | 0,05 h |
| Плита из пробковой крошки | 0,017 h |
| Войлок мягкий | 0,015 h |
| Войлок жесткий прессованный | 0,0155 h |

Частота вынужденных колебаний определяется по формуле:

$$f=n, \qquad (2.3)$$

где $n$ – частота вращения шкива машины, с$^{-1}$.

Если в результате расчета $\left(\frac{f}{f_0}\right)_{TP}$ получается более 4, расчет ведут для этой величины, но в этом случае не обеспечивается требуемое снижение уровня вибрации и необходимо применять другие мероприятия для ее снижения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ виброзащиты и выявить наиболее эффективные средства коллективной защиты от вибрации.

2. Произвести расчет эффективности виброизоляции.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №2.
2. Выполнить расчет эффективности виброизоляции.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под вибрацией?
2. Какие существуют средства коллективной защиты от вибрации?
3. Как осуществляется снижение виброактивности конкретного источника вибрации?
4. Что представляют собой вибродемпфирование?
5. Что такое виброгашение?
6. Что такое виброизоляция?
7. Как определяется эффективность виброизоляции?
8. Что представляет собой схема расчета виброизоляторов?
9. Что относится к средствам коллективной и индивидуальной виброзащиты операторов и что каждый из них представляет собой?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие вибрацию

2. Классификация производственных вибраций

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ТЕМА: Снижение электромагнитных излучений с помощью различных технических методов защиты

**Цель работы:** освоить методику расчета напряженности электрического поля от высоковольтных линий электропередач.

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Теоретическая часть

*Электромагнитная волна* – это колебательный процесс, связанный с изменяющимися в пространстве и во времени взаимосвязанными электрическими и магнитными полями. Область распространения электромагнитных волн называется *электромагнитным полем* (ЭМП.)

Методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей и излучений:

*Уменьшение мощности* излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

*Поглотители мощности.* Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра или проточную воду.

*Увеличение расстояния от источника излучения.* В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших 1/6 длины волны излучения, плотность потока энергии (ППЭ) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей — обратно пропорционально расстоянию. То есть при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза, а напряженности (Е и Н) в 2 раза.

*Уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения.*

Допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты (50 Гц):

$$T_{ДОП} = \frac{50}{E} - 2, \qquad (3.1)$$

где $E$ – напряженность электромагнитного поля.

Однако, если это возможно, целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого, чтобы избежать необоснованного выполнением необходимой работы облучения.

*Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения, блокирование излучения.* Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

*Экранирование излучений.* Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек. Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов.

Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины, иногда со стороны падающей волны выполняют конусообразные выступы.

Наиболее часто в технике защиты от электромагнитных полей применяют металлические сетки. Они легки, прозрачны, поэтому обеспечивают возможность наблюдения за технологическим процессом и излучателем, пропускают воздух, обеспечивая охлаждение оборудования за счет естественной или искусственной

вентиляции.

*Средства индивидуальной защиты.* К СИЗ, которые применяют для защиты от электромагнитных излучений, относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. Данные СИЗ используют метод экранирования.

Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана. Шлем и бахилы костюма сделаны из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для облегчения дыхания. Эффективность костюма может достигать 25...30 дБ. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова. В оправе вшита металлическая сетка, и она плотно прилегает к лицу для исключения проникновения излучения сбоку. Эффективность очков оценивается в 25...35 дБ.

2. Практическая часть

Выполним расчет эффективности экранирования электромагнитного излучения.

Эффективность экранов принято оценивать в дБ по формулам:

$$\Delta L = 20\lg\left(E_0 / E\right); \qquad (3.2)$$

$$\Delta L = 20\lg\left(H_0 / H\right); \qquad (3.3)$$

$$\Delta L = 10\lg\left(ППЭ_0 / ППЭ\right), \qquad (3.4)$$

где $E_0$, $H_0$, $ППЭ_0$ — соответственно напряженность электрического, магнитного поля и плотность потока энергии перед экраном; $E$, $H$, $ППЭ$ — те же параметры после экрана.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | $E$=50 В/м, $H$=10 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м$^2$; $E_0$=70 В/м, $H_0$=20А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 6 | $E$=60 В/м, $H$=18 А/м, $ППЭ$=17 Вт/м$^2$; $E_0$=87 В/м, $H_0$=29А/м; $ППЭ_0$=41Вт/м$^2$. |
| Вариант 2 | $E$=55 В/м, $H$=11 А/м, $ППЭ$=14 Вт/м$^2$; $E_0$=80 В/м, $H_0$=25А/м; $ППЭ_0$=40Вт/м$^2$. | Вариант 7 | $E$=65 В/м, $H$=17 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м$^2$; $E_0$=93 В/м, $H_0$=31А/м; $ППЭ_0$=43Вт/м$^2$. |
| Вариант 3 | $E$=60 В/м, $H$=14 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м$^2$; $E_0$=83 В/м, $H_0$=28А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 8 | $E$=67 В/м, $H$=9 А/м, $ППЭ$=24 Вт/м$^2$; $E_0$=102 В/м, $H_0$=19А/м; $ППЭ_0$=50Вт/м$^2$. |
| Вариант 4 | $E$=59 В/м, $H$=17 А/м, $ППЭ$=15 Вт/м$^2$; $E_0$=85 В/м, $H_0$=22А/м; $ППЭ_0$=45Вт/м$^2$. | Вариант 9 | $E$=65 В/м, $H$=12 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м$^2$; $E_0$=91 В/м, $H_0$=27А/м; $ППЭ_0$=55Вт/м$^2$. |
| Вариант 5 | $E$=57 В/м, $H$=15 А/м, $ППЭ$=20 Вт/м$^2$; $E_0$=75 В/м, $H_0$=30А/м; $ППЭ_0$=37Вт/м$^2$. | Вариант 10 | $E$=63 В/м, $H$=11 А/м, $ППЭ$=19 Вт/м$^2$; $E_0$=89 В/м, $H_0$=29А/м; $ППЭ_0$=52Вт/м$^2$. |

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №3.
2. Выполнить расчет эффективности экранов.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Выполнить расчет эффективности экранов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под электромагнитным полем?
2. Какие существуют методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей?
3. Как осуществляется каждый из этих методов и средств?

4. Как определяется допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты?
5. Из каких материалов выполняются отражающие и поглощающие экраны?
6. Что относится к СИЗ от электромагнитных излучений?

ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Классификация электромагнитных полей.
2. Источники электромагнитных полей на производстве.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4**

ТЕМА: Защита от электромагнитных полей высокочастотных установок для нагрева материалов

**Цель работы:** освоить методику расчета напряженности магнитного поля от нагревательных печей и размеров защитных экранов.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

Промышленными источниками электромагнитных полей являются высокочастотные установки для нагрева материалов.

Электромагнитное поле обладает энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Скорость распространения колебаний в воздухе υ равна скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны зависит от частоты: $\lambda = \frac{\upsilon}{f}$ (1)

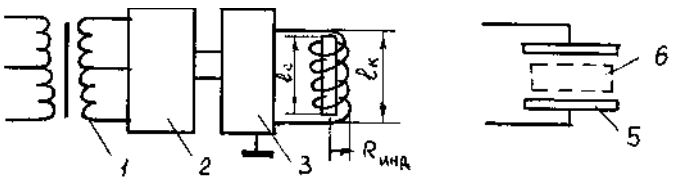
где λ - длина волны, м; υ - скорость распространения колебаний, м/с; f - частота колебаний, Гц.

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее 1/6 длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более 1/6 длины волны от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается раздельно напряженностью электрической Е (В/м) и магнитной Н (А/м) составляющих поля.

С увеличением напряженности электромагнитного поля, продолжительности облучения и частоты колебаний воздействие на человека возрастает. При воздействии ЭМП частотой выше 60 кГц наступает нагрев тканей. Облучение особенно вредно для глаз, мозга, половых органов. Облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту).

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными по ГОСТ 12.1.006-84 и если они не соответствуют, то применяются меры защиты.




а) б)

Рис 4.1 Схема генератора для нагрева металла (а) и неметаллич. материалов (б)

*Характеристика источников электромагнитного поля (индукторов и конденсаторов)*

Источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на

машиностроительных предприятиях являются плавильно- закалочные и сушильные установки. Для индукционного нагрева металла применяются установки (рисунок 4.1, а), состоящие из трансформатора, выпрямителя, генератора и индуктора. Для нагрева неметаллических материалов (например, древесины) вместо индукционной катушки используется конденсатор (рисунок 1, б). Источниками излучений является индуктор или конденсатор, а также генератор и линия передачи от генератора к индуктору или конденсатору.

Рабочие места по обслуживанию нагревательных установок обычно находятся в ближней зоне воздействия ЭМП, где соотношение напряженностей электрической Е и магнитной составляющей Н зависит от вида источника излучения (конденсатор или индуктор).

Нормирование воздействия ЭМП высокой и ультравысокой частот.

Предельно допустимое значение Е и Н в диапазоне частот 60кГц...300 МГц на рабочих местах персонала следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:
Рис 4.2 – Графики для определения β

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{E_{пд}}}{T}} \qquad H_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{H_{пд}}}{T}} \qquad (3)$$

где $E_{ПД}$ и $H_{ПД}$ –предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, полей

$Э_{Епд}$ и $Э_{Нпд}$ - предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня $(В/м)^2$ ч и $(А/м)^2$ ч.

*Защита от воздействия электромагнитных полей индуктора и конденсатора*

Для защиты обслуживающего персонала от электромагнитных полей индукторов и конденсаторов их экранируют. Форма экрана должна удовлетворять конструктивным и эксплуатационным требованиям. Экраны применяются сплошные с вентиляционными и смотровыми окнами, а также в форме цилиндра или прямоугольного параллелепипеда.

Практическая часть

*Методика расчета экрана индуктора высокочастотной установки для нагрева металла*

Методика расчета экрана индуктора состоит в следующем. Вначале вычисляется напряженность магнитной составляющей поля Н от индуктора по формуле (2). β определяется по графику. Сравнивается полученное значение Н с допустимым значением $Н_Д$ (формула 3) по ГОСТ 12.1.006-84. ($Эн_{пд}$=200А/м). Определяется требуемая эффективность экранирования: $Э_{тр} = \frac{H}{H_Д}$ (4)

где $Э_{тр}$ - требуемая эффективность экранирования; Н - действующее значение напряженности магнитной составляющей поля, А/м; $Н_Д$ - допустимый уровень напряженности магнитной составляющей поля, А/м.

Проектирование экрана проводится с учетом обеспечения доступа к нагревательной установке, возможности механизации процесса загрузки и т.д., а также с учетом минимальной потери энергии в экране.

Радиус цилиндрического замкнутого экрана $R_{экр}$ нагревательной установки для закалки металлов при условии, что потери в нем не превышают 1 % мощности генератора, определяются по формуле:

$$R_{экр} = 0{,}64 R_{инд} \sqrt[3]{\frac{\omega^2 \cdot I^2 \cdot \rho \cdot R_{инд}}{\delta \cdot P \cdot l_k}} \qquad (5)$$

где $R_{инд}$ - радиус катушки индуктора, м; ω - число витков катушки: I - сила тока в катушке, А; □ - удельное сопротивление материала экрана (таблица 4.1), Ом · м; δ - глубина проникновения (расстояние, на котором напряженность поля уменьшается в e = 2,73 раза), м; Р- мощность генератора, Вт; $l_К$ - длина катушки, м.

Глубина проникновения электрического поля $\delta = 0{,}52\sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f_m}}$ (6)

где μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (таблица 4.1);
$f_М$ - частота колебаний электромагнитного излучения, МГц.

Таблица 4.1 – Характеристики материалов экранов

| Материал | Удельное сопротивление ρ, Ом · м | Относительная магнитная проницаемость,μ |
|---|---|---|
| Алюминий | $0{,}28 \cdot 10^{-7}$ | 1 |
| Медь | $0{,}17 \cdot 10^{-7}$ | 1 |
| Сталь | $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ | 150 |

Проверяется значение $R_{экр}$ по условию, что расстояние между витками индуктора и стенками цилиндра должна быть не менее радиуса индуктора, то есть

$$R_{экр} \geq 2R_{инд} \quad , \qquad (7)$$

где $R_{инд}$ - радиус витков индуктора (рисунок 4.3), м.

Если условие не выполняется, то принимаем $R_{экр} = 2R_{инд}$ ,

Высота экрана определяется из формулы эффективности экранирования:

$Э_{экр} = \exp(3{,}6 \cdot l_{экр}/D_{экр})$, (8)

только в место $Э_{экр}$ подставляется $Э_{тр}$

$$l_{экр} = (D_{экр}/3{,}6) \cdot \ln Э_{ТР} \qquad (9)$$

где $Э_{экр}$ - эффективность экранирования, т.е. величина, показывающая во сколько раз напряженность поля в данном месте уменьшилась в результате экранирования;

$l_{экр}$ - расстояние по оси индуктора от его крайних витков до краев цилиндра экрана, м;

$D_{экр}$ - диаметр цилиндра экрана, м.

Общая длина экрана l определяется по формуле: $l=l_к+2 \cdot l_{экр}$ (10)

Если в результате расчета стального экрана его габариты получаются большими, то целесообразно применить алюминий или медь.

На эффективность экрана не влияет его толщина, т.к. для экранирования достаточно очень тонкого слоя металла. Поэтому толщина экрана принимается из условия прочности равной 0,8...2 мм.

В результате расчета размеров экрана его эффективность должна быть больше требуемого значения, т.е. $Э_{экр} \geq Э_{тр}$. (11)

**Задание.** Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи. Параметры индуктора и расстояние до рабочего места даны в таблице. В задаче приняты следующие обозначения:

Rинд - радиус катушки индуктора печи, м; lк - длина катушки индуктора, м;

P - мощность плавильной печи, кВт; ω - число витков катушки индуктора;

I - сила тока в катушке, А; f - частота тока, кГц; r - расстояние от оси катушки до рабочего места, м.

Таблица – Исходные данные для задачи.

| Вари-ант | Параметры индуктора плавильной печи | | | | | | Расстояние до рабочего места r, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_{инд}$, м | $l_к$, м | ω | I, A | f, кГц | P, кВт | |
| 1 | 0,1 | 0,15 | 20 | 150 | 150 | 60 | 0,6 |
| 2 | 0,2 | 0,3 | 40 | 200 | 100 | 60 | 1,3 |
| 3 | 0,3 | 0,4 | 60 | 300 | 60 | 100 | 2,0 |
| 4 | 0,2 | 0,4 | 50 | 300 | 150 | 70 | 1,5 |
| 5 | 0,1 | 0,3 | 25 | 250 | 70 | 60 | 0,8 |
| 6 | 0,1 | 0,2 | 20 | 150 | 200 | 40 | 0,8 |
| 7 | 0,2 | 0,2 | 25 | 100 | 400 | 60 | 0,6 |
| 8 | 0,2 | 0,4 | 30 | 250 | 30 | 70 | 1,5 |
| 9 | 0,3 | 0,3 | 50 | 350 | 350 | 100 | 2,0 |
| 0 | 0,2 | 0,3 | 45 | 200 | 50 | 60 | 1,3 |

**Порядок выполнения работы** 1 Ознакомиться с методикой расчета напряженности магнитного поля H от катушки индуктора, нормированием H по ГОСТ 12.1.006-84.

2 Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи.

**Оформление отчета** Отчет должен содержать: название, цель работы, расчет экрана высокочастотной плавильной печи (формулы должны быть написаны с наименованием всех параметров и единиц измерения); выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое вредное воздействие оказывает на организм человека электромагнитное поле от индукционных катушек и рабочих конденсаторов, применяемых для нагрева материалов? Какие применяются меры защиты от воздействия ЭМП?
2. Как определяются ближняя и дальняя зоны распространения электромагнитного поля? Как рассчитать длину волны электромагнитного излучения при известной частоте колебаний? Как оценивается воздействие в ближней и дальней зоне ЭМП?
3. В чем заключается методика расчета экранирующих устройств? Какой порядок расчета?
4. Объясните формулу расчета требуемой эффективности экранирования ЭМП высоких частот?
5. Что является источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на машиностроительных предприятиях?
6. Какие установки применяются для индукционного нагрева металла и неметаллических материалов, из чего они состоят?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5**

ТЕМА: Анализ средств защиты от опасности механического травмирования

Под механическим травмированием человека понимают повреждения кожных покровов, мышц, костей, сухожилий, позвоночника, глаз, головы и других частей тела. Причиной такого рода травм являются прежде всего шероховатость поверхности, острые кромки и грани инструмента и оборудования, движущиеся механизмы и машины, незащищенные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, материалы, заготовки, разрушающиеся конструкции. Механические травмы могут быть следствием падения с высоты. Возможны травмы глаз твердыми частицами, образующимися при обработке материалов.

Все источники механического травмирования можно разделить на *реально* и *потенциально опасные*.

К первым можно отнести: шероховатости поверхности, заусенцы, острые кромки и выступы на различных частях оборудования и подвижные заготовки при работах на металлообрабатывающих станках, движущиеся грузоподъемные машины и средства транспорта.

Ко вторым: сосуды, работающие под давлением, разрушение (взрыв) которых может произойти при нарушении Правил их эксплуатации, штабели материалов, заготовок, готовых изделий, которые при неправильной их укладке могут обрушаться, площадки обслуживания оборудования на высоте, лестницы при несоответствии их требованиям безопасности и т. д.

Защита от травмирования достигается применением технических средств, исключающих или уменьшающих воздействие на работающих травмоопасных производственных факторов. Они могут быть коллективными и индивидуальными. Первые обеспечивают защиту любого работника, обслуживающего травмоопасное оборудование с указанными средствами защиты. Вторые - только тех, кто их использует.

*Средства коллективной защиты от механического травмирования* стандартизованы ГОСТ 12.4.125-83 и включают целый ряд подвидов (рисунок 4.1).

Защитные устройства должны удовлетворять следующим общим требованиям:

- предотвращать контакт рук и других частей тела человека, его одежды и других предметов с опасными движущимися частями машины, не позволять человеку-оператору машины или другому рабочему приблизить руки и другие части тела к опасным движущимся частям;
- должны быть изготовлены из прочных материалов, выдерживающих условия нормальной эксплуатации, и надежно прикрепляться к машине;
- не создавать иных опасностей, не иметь режущую кромку, заусенец или шероховатости поверхности;
- не мешать выполнению работ.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

Рисунок 4.1 – Средства коллективной защиты от механического травмирования

*Оградительные средства защиты* наиболее распространены в промышленности. Они препятствуют попаданию человека в опасную зону. Все открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, расположенные на высоте до 2500 мм от уровня пола, если они являются источниками опасности, должны быть закрыты сплошным или сетчатым ограждением. Ограждения могут быть полными, закрывающими травмоопасный агрегат в целом, и частичными, исключающими доступ к наиболее опасным частям оборудования. Полные ограждения изготавливаются обычно из металла и выполняют одновременно функции звукоизолирующего ограждения.

Чаще всего конструкция ограждения представляет собой кожух. В корпусах машин и механизмов, а также станков они могут выполняться в виде дверцы, перекрывающей доступ к редукторам, коробкам скоростей и другим элементам привода.

Ограждения в виде щитов (в том числе сетчатых) широко используются в роботизированном производстве.

Переносные щиты устанавливают при проведении ремонтных и наладочных работ для исключения попадания в зону их проведения посторонних лиц, например, при сварочных работах, работах в колодцах подземных коммуникаций, при ремонте электроустановок в цехах.

На металлорежущих станках ограждения, как правило, выполняются в виде защитных экранов, которые для удобства обслуживания могут выполняться откидными.

В качестве материала для изготовления экранов используются металлы и пластики. Экраны удобно выполнять также из прозрачных материалов (безосколочное стекло, пластмасса, триплекс). Защитные экраны не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства при работе, уборке, наладке, а также приводить к загрязнению пола смазочно-охлаждающей жидкостью. При необходимости защитные экраны следует снабжать рукоятками, скобами для удобства перемещения и установки.

*Предохранительные устройства* могут быть двух типов: ограничительные и блокировочные. Ограничительные срабатывают при превышении какого-либо параметра, характеризующего работу системы механизма или машин. Например, срезные штифты и шпонки срабатывают при превышении допустимого крутящего момента, предохранительные клапана — рабочего давления, упоры - при выходе элементов за допустимые пределы в пространстве. Таким образом, исключаются аварийные режимы работы оборудования, а следовательно, его возможные поломки и аварии; а в конечном итоге — травмы. Различают предохранительные оградительные устройства с автоматическим восстановлением кинематической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму, и устройства, которые после срабатывания требуют остановки оборудования для их замены. Примером первых являются предохранительные клапаны, фрикционные муфты, регуляторы давления, вторых — предохранители электроустановок, разрывные мембраны систем, работающих под давлением.

*Блокировочные устройства* исключают возможность проникновения человека в опасную зону либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне. Блокировка бывает механическая, электрическая и комбинированная.

*Тормозные устройства* подразделяют:

- по конструктивному исполнению — на колодочные, дисковые, конические и клиновые;
- по способу срабатывания — на ручные, автоматические и полуавтоматические;
- по принципу действия — на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- по назначению - на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Тормоза играют важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации, ремонта и обслуживания технологического оборудования, позволяя быстро останавливать валы и прочие элементы, являющиеся потенциальными источниками опасности. Кроме того, они служат для остановки либо торможения груза в подъемно-транспортных машинах.

*Устройства автоматического контроля и сигнализации.* Наличие контрольно-измерительных приборов — одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давлений, температур, статических и динамических нагрузок, и других параметров, превышение допустимых значений которых может привести к аварии, а следовательно, и к травматизму. Эффективность использования этих приборов повышается при объединении их с системами сигнализации.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют:

- по назначению — на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные;
- по способу срабатывания — на автоматические и полуавтоматические;
- по характеру сигнала — на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;
- по характеру подачи сигналами — на постоянные и пульсирующие.

Информационная сигнализация применяется при проведении разнообразных технологических процессов, на испытательных стендах, а также для согласования действий работающих, в частности, крановщиков и стропальщиков. При монтажных операциях зеленые сигнальные лампы должны включаться на временно не работающем оборудовании. Подобная сигнализация применяется в шумных производствах, где нарушена речевая связь. В поточных и автоматизированных линиях красные сигнальные лампы устанавливают на машинах и установках, которые не контролируются обслуживающим персоналом.

Устройства предупреждающей сигнализации предназначены для предупреждения о возникновении опасности. Чаще всего в них используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень опасных и вредных факторов. Для звуковой сигнализации применяют сирены или звонки.

К предупреждающей сигнализации относятся указатели и плакаты «Не включать — работают люди», «Не входить», «Не открывать — высокое напряжение» и др. Для дверей и световых табло, эвакуационных и запасных выходов следует применять зеленый сигнальный цвет (надпись белого цвета). Очень широко в промышленности используются сигнальные цвета (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

| **Сигнальный** | **Смысловое значение** | **Область применения** | **Контрастный цвет** |
|---|---|---|---|
| Красный | Непосредственная опасность. Аварийная или опасная ситуация. Пожарная техника, | Запрещение опасного поведения или действия. Обозначение непосредственной опасности. Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса). | Белый |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Желтый | Возможная опасность | Обозначение возможной опасности, опасной ситуации. Предупреждение, предостережение о возможной | Черный |
| Зеленый | Безопасность, безопасные условия. Помощь, спасение | Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса. Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, | Белый |
| Синий | Предписание во избежание опасности | Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности. Разрешение определенных действий | |

*Знаки безопасности* стандартизированы ГОСТ Р 12.4.026—01. Они различаются между собой формой и цветом. Геометрическая форма, сигнальный цвет и смысловое значение основных знаков безопасности приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Смысловое значение основных знаков безопасности

| **Группа** | **Геометрическая форма** | **Сигнальный цвет** | **Смысловое значение** |
|---|---|---|---|
| Запрещающие знаки | Круг с поперечной полосой | Красный | Запрещение опасного поведения или действия |
| Предупреждающие знаки | Треугольник | Желтый | Предупреждение о возможной опасности. |
| Предписывающие знаки | Круг | Синий | Предписание обязательных действий во избежание опасности |
| Знаки пожарной безопасности* | Квадрат или прямоугольник | Красный | Обозначение и указание мест нахождения средств противопожарной защиты, их элементов |
| Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения | Квадрат или прямоугольник | Зеленый | Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация |
| Указательные знаки | Квадрат или прямоугольник | Синий | Разрешение. Указание. Надпись или информация |

* Знаки пожарной безопасности связаны с проблемой механического травмирования опосредовано (паника в условиях пожара, как правило, приводит к падениям и травмам).

*Средства индивидуальной защиты от механического травмирования* делятся на несколько групп. Специальная одежда, специальная обувь и средства защиты рук в свою очередь включают в себя большое число подвидов (подгрупп). Деление производится по назначению (от ударов, порезов, проколов и т. д.).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Изучить средства защиты, принцип их действия.
2. Составить перечень средств защиты для различных работников исходя из варианта.
3. Данные занести в таблицу.

| Группа защитных устройств | Принцип действия | Область применения |
|---|---|---|

Таблица Исходные данные

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | слесарь | машинист | электрик | Кранов щик | пожарный | сварщик | кузнец | шахтер | металлург | железнодорожник |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под механическим травмированием?
2. Какие источники механического травмирования относятся к реально опасным, а какие к потенциально опасным?
3. Как классифицируются средства коллективной защиты от механического травмирования?
4. Что представляют собой: оградительные средства защиты, предохранительные устройства, блокировочные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации?
5. Какие существуют основные знаки безопасности?
6. На какие группы делятся средства индивидуальной защиты от механического травмирования?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ТЕМА: Расчет радиуса опасной зоны при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования

Подъемно-транспортные оборудование можно разделить на две большие группы: транспортирующие и грузоподъемные машины и устройства.

*К транспортирующим машинам* относятся: ленточные и цепные конвейеры (транспортеры), винтовые конвейеры (шнеки), рельсовый и безрельсовый транспорт (железнодорожные цистерны, вагонетки, автомашины).

*Грузоподъемные машины* подразделяются на подъемники и краны. К подъемникам относятся домкраты, ручные лебедки, лифты (грузовые и для подъема людей). Кран – это грузоподъемная машина, предназначенная для подъема и перемещения груза, подвешенного с помощью грузового крюка или другого грузозахватного органа.

Безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования и машин (ПТМ) обеспечивается следующими методами:

- определение размера опасной зоны ПТМ;
- применение средств защиты от механического травмирования механизмами ПТМ;
- расчет на прочность канатов и грузозахватных устройств (ГЗУ);
- определение устойчивости кранов;
- применение специальных устройств обеспечения безопасности;
- регистрация, техническое освидетельствование и испытание ПТМ и ГЗУ.

*Размер опасной зоны ПТМ* зависит от высоты подъема груза и длины пути перемещения ПТМ с грузом.

*Для защиты от травмирования человека механизмами* приводов ПТМ (зубчатые, цепные, червячные предачи, валы механизмов ПТМ, ходовые колеса и т. п.) применяются средства, аналогичные средствам защиты, используемым для технологического оборудования, прежде всего ограждения.

*Расчет канатов на прочность* осуществляется по формуле:

$$K \geq P / S ,$$

где $K$ — коэффициент запаса прочности каната при разрывном усилии; $P$ — допустимое разрывное усилие каната, Н (кгс), определяемое по сертификату на канат; $S$ — наибольшее натяжение каната (без учета динамических нагрузок), Н (кгс).

Величина $K$ определяется *правилами* Госгортехнадзора и зависит от типа каната и ПТМ, условий работы каната. Так, для промышленных кранов в зависимости от условий работы каната $K$= 3,5...6, для грузовых лифтов без проводника — 8... 13, для грузовых лифтов с проводником и пассажирами 9... 15. С целью уменьшения износа и повреждения канатов их покрывают защитной смазкой.

Передвижные стреловые краны должны обладать достаточной для их безопасной работы устойчивостью. Условия устойчивости кранов: удерживающий момент должен быть больше опрокидывающего момента сил, действующих относительно вертикальной оси крана, проходящей через центр его тяжести. Расчет устойчивости кранов осуществляется методами теоретической механики при рабочем положении крана с грузом (грузовая устойчивость) и при положении крана без груза в условиях неблагоприятных ветровых нагрузок (собственная устойчивость). Устойчивость кранов определяется коэффициентами грузовой и собственной устойчивости крана.

*Коэффициент грузовой устойчивости* — это отношение момента относительно оси опрокидывания, создаваемого весом всех частей крана с учетом всех дополнительных нагрузок (ветровой, инерционной, торможения), и момента, создаваемого рабочим грузом при работе крана с учетом уклона местности или пути крана.

*Коэффициент собственной устойчивости* — это отношение момента относительно оси опрокидывания, создаваемого весом всех частей крана с учетом уклона местности и пути в сторону опрокидывания, и момента, создаваемого ветровой нагрузкой при нерабочем состоянии крана (без груза).

По *правилам* значения этих коэффициентов должны быть не менее 1,15. Для каждого вылета стрелы крана установлены предельные значения веса поднимаемого груза, которые нельзя превышать, так как возможно опрокидывание крана.

*Специальные устройства безопасности* подразделяются на устройства, обеспечивающие

безопасные весовые и нагрузочные характеристики, и устройства, обеспечивающие безопасное передвижение груза.

К *устройствам, обеспечивающим безопасные весовые и нагрузочные характеристики,* относятся тормоза и остановы, ограничители грузоподъемности и грузового момента, противоугонные устройства.

*Тормоза* могут предназначаться для остановки механизма (стопорные), ограничения скорости подъема и спуска груза (спускные). По конструктивному выполнению они аналогичны тормозам, применяемым в технологическом оборудовании, а по принципу действия — автоматические (вступающие в работу при отключении двигателя механизма) и управляемые (включаемые при воздействии на орган управления). Наиболее часто на ПТМ используются колодочные стопорные тормоза.

*Остановы* используют для удержания груза на весу. Одним из наиболее распространенных остановов является храповой останов (рисунок 5.1).

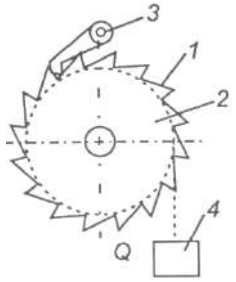



Рисунок 5.1 – Схема останова механизма подъема: 1 – храповое кольцо; 2 – барабан; 3 – собачка; 4 – груз

*Ограничители грузоподъемности* автоматически отключают механизм подъема груза, масса которого превышает предельное значение более чем на 10 %. В стреловых кранах с переменной грузоподъемностью, зависящей от вылета стрелы, применяют *ограничители грузового момента,* учитывающие не только вес поднимаемого груза, но и величину вылета стрелы.

*Противоугонные устройства* предназначаются для удержания крана, работающего на открытом воздухе, от самопроизвольного перемещения по рельсовому пути под действием ветра. Основным элементом противоугонных устройств являются рельсовые захваты (рельсозажимные клещи), посредством которых кран вручную или автоматически закрепляется за рельсы.

Применяются и другие устройства безопасности: блокировка люка и дверки кабины в мостовых кранах, ограничители поворота на башенных кранах, измерители крена на самоходных кранах, ограничители перекоса на мостовых кранах и др.

*Грузозахватные приспособления* (крюки, электромагнитные шайбы, грейферы, подхваты и захваты) являются особо ответственными деталями крана и изготавливаются под форму перемещаемых грузов. Периодический контроль за их состоянием рабочих поверхностей (износ, отсутствие трещин и дефектов) обеспечивает безопасность при эксплуатации транспортных устройств.

*Регистрация, техническое освидетельствование и испытание ПТМ и ГЗУ* является важнейшим методом обеспечения подъемно-транспортного оборудования и подъемно-транспортных машин. Надзор за безопасностью ПТМ осуществляет Госгортехнадзор.

Каждая изготовленная заводом-изготовителем грузоподъемная машина должна быть принята отделом технического контроля и снабжена паспортом, инструкцией по монтажу и эксплуатации и другой технической документацией, предусмотренной ГОСТ или ТУ. До пуска в работу грузоподъемная машина подлежит *регистрации в органах Госгортехнадзора,* которые выдают разрешение на ввод ее в эксплуатацию. Грузоподъемная машина подлежит перерегистрации после проведения реконструкции машины, ремонта, передачи машины другому владельцу, перестановки на новое место.

Все вновь устанавливаемые грузоподъемные машины, а также съемные грузозахватные устройства до пуска в работу подлежат *техническому освидетельствованию.* Первичное освидетельствование проводится отделом технического контроля предприятия-изготовителя перед отправкой кранов потребителю. Находящиеся в эксплуатации грузоподъемные машины должны подвергаться периодическому частичному освидетельствованию через каждые 12 месяцев, а

полному — через 3 года. Редко используемые машины (например, краны, обслуживающие производственные помещения только при ремонте) подвергаются полному техническому освидетельствованию через 5 лет.

При полном техническом освидетельствовании грузоподъемная машина подвергается осмотру, *статическим и динамическим испытаниям*; при частичном техническом освидетельствовании — только осмотру.

При осмотре устанавливается надежность каждого узла и элемента машины, степень износа канатов, цепей, крюков, зубчатых и червячных передач, тормозов, аппаратов управления и других устройств, определяется работоспособность приборов и устройств безопасности, крепление канатов, наличие и исправность заземления и электрических блокировок, состояние ограждений, перил, лестниц и т. п.

Статическое испытание грузоподъемной машины имеет целью проверку ее прочности в целом и прочности отдельных элементов. У стреловых кранов проверяют грузовую устойчивость под нагрузкой, на 25 % превышающей номинальную. Испытание стреловых кранов проводят при максимальном и минимальном вылете стрелы в положении, отвечающем наименьшей устойчивости крана, при этом груз поднимается на высоту 100...200 мм. Кран считается выдержавшим испытание, если в течение 10 мин поднятый груз не опустился на землю, а также не обнаружено трещин, деформации и других повреждений.

Грузоподъемная машина, выдержавшая статическое испытание, подвергается динамическому испытанию с целью проверки действия механизмов, тормозов, устройств безопасности. При динамическом испытании груз должен превышать номинальный на 10 %.

1. Практическая часть.

Рассчитаем радиус опасной зоны при работе подъемно-транспортного оборудования.

Размер опасной зоны ПТМ зависит от высоты подъема груза и длины пути перемещения ПТМ с грузом. Радиус окружности, в пределах которой может упасть груз, определяется по схеме, приведенной на рисунке 5.1, *а,* и формуле:

$$R = r_c + 0{,}5l_{\Gamma} + 0{,}3H, \qquad (5.1)$$

где $r_c$ — вылет стрелы крана от оси его поворота (для мостовых и козловых кранов $r_c$ = 0), м;

$l_{\Gamma}$ — наибольший линейный размер груза (при подъеме длинномерных грузов по вертикали их отлет связан с падением на всю длину), м;

$H$ — высота подъема груза, м.

Определив радиус $R$ и зная длину $L$ пути перемещения ПТМ (крана), можно определить опасную зону возможного падения груза, которое может произойти при обрыве каната, срыве ГЗУ, плохом закреплении груза. Опасная зона определяется нанесением окружностей радиусом $R$ с центрами на линии перемещения оси ПТМ (рисунок 5.1, *б*).

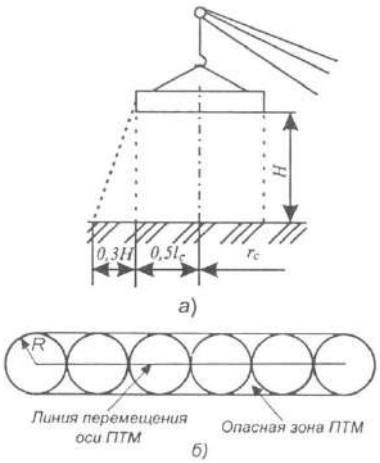



Рисунок 5.1 - Схема к определению опасной зоны у грузоподъемного механизма: *а* — определение радиуса окружности, в пределах которой может упасть груз; *б* — определение опасной зоны при перемещении ПТМ

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | $r_c$=0; $l_Г$= 6 м; $H$=9м | Вариант 6 | $r_c$=4; $l_Г$= 12 м; $H$=17м |
| Вариант 2 | $r_c$=0; $l_Г$= 5 м; $H$=7м | Вариант 7 | $r_c$=1; $l_Г$= 8 м; $H$=18м |
| Вариант 3 | $r_c$=10м; $l_Г$= 8 м; $H$=20м | Вариант 8 | $r_c$=8; $l_Г$= 11 м; $H$=20м |
| Вариант 4 | $r_c$=5м; $l_Г$= 9 м; $H$=15м | Вариант 9 | $r_c$=0; $l_Г$= 6 м; $H$=15м |
| Вариант 5 | $r_c$=3м; $l_Г$= 4 м; $H$=22м | Вариант 10 | $r_c$=4; $l_Г$= 9 м; $H$=14м |

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия.
2. Выполнить расчет размера опасной зоны ПТМ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Выполнить расчет размера опасной зоны ПТМ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие группы разделяется подъемно-транспортное оборудование?
2. Какие машины относятся к грузоподъемным, а какие к транспортирующим?
3. С помощью каких методов осуществляется безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования и машин?
4. Как рассчитать размер опасной зоны ПТМ?
5. Как определяется устойчивость крана?
6. Какие устройства применяются для обеспечения безопасности на ПТМ?
7. Как осуществляются регистрация, техническое освидетельствование и испытания ПТМ?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

ТЕМА: Оценка степени опасности сосудов и установок, работающих под давлением.

Сосудами, работающими под давлением, называются герметически закрытые емкости, предназначенные для ведения в них химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных т растворенных газов и жидкостей под давлением. К установкам, сосудам и системам относят паровые и водогрейные котлы; трубопроводы пара, горячей воды и сжатого воздуха; сосуды, цистерны, бочки; баллоны; компрессорные установки; установки газоснабжения.

Для обеспечения надежной и безопасной работы сосудов и установок, находящихся под давлением, необходимо выполнять технические мероприятия по предупреждению аварий и взрывов. Конструкция установок должна обеспечивать их надежную и безопасную работу, возможность осмотра и очистки, промывки, продувки и ремонта, а также проведения необходимых испытаний.

Все установки, работающие под давлением, маркируют. На маркировке указывают наименование завода-изготовителя, заводской номер установки, год изготовления и дату

технического освидетельствования, общую массу установки, вместимость, рабочее и пробное давления, ставится клеймо завода. Емкости высокого давления подлежат регистрации, регулярным техническим освидетельствованиям и испытаниям.

Трубопроводы, баллоны, цистерны окрашивают в цвета, соответствующие их содержимому, и снабжают надписью с наименованием хранимого или транспортируемого вещества.

Сосуды, работающие под давлением, должны быть оснащены:

- запорной и запорно-регулирующей арматурой;
- предохранительными устройствами;
- контрольными приборами для измерения давления и температуры.

Для предотвращения чрезмерного повышения давления в сосуде служат предохранительные устройства, при срабатывании которых избыточное давление сбрасывается из сосуда или установки.

*Предохранительные устройства* обязательно устанавливают на все установки и сосуды, работающие под давлением, за исключением малых объектов, например газовых баллонов. Поскольку от исправности предохранительного устройства зависит безопасная работа установки, часто предусматривают два устройства — одно рабочее, а другое контрольное.

Предохранительные устройства имеют различное конструктивное исполнение, но наиболее распространены следующие:

- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (предохранительные мембраны);
- взрывные клапаны;
- предохранительные клапаны (пружинные, грузовые и др.).

*Предохранительные мембраны* просты по конструкции и поэтому считаются самыми надежными из предохранительных устройств. Мембраны бывают разрывные, ломающиеся, срезные, хлопающие и др. Наиболее просты разрывные мембраны, изготовленные из тонколистового металлического проката (рисунок 7.1). При нагружении рабочим давлением мембрана пластически деформируется и приобретает форму сферического сегмента. При превышении допустимого давления мембрана разрывается, и давление из сосуда сбрасывается, предотвращая тем самым его взрывное разрушение. Однако недостатком мембраны является то обстоятельство, что после ее разрыва оборудование остается открытым и необходимо останавливать технологический процесс, чтобы заменить мембрану.

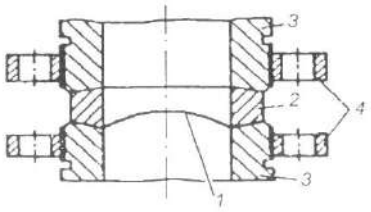



Рисунок 7.1 – Разрывная мембрана: 1 —мембрана; 2 — коническая шайба; 3 — сбросная магистраль; 4 — соединительные фланцы

*Взрывные клапаны* (рисунок 7.2) лишены этого недостатка, т. к. при сбросе давления запорный диск *2* вновь закрывается под действием пружины *3.* Однако взрывные клапаны обладают невысокой герметичностью и применяются при невысоких рабочих давлениях, как правило, близких к нормальному.

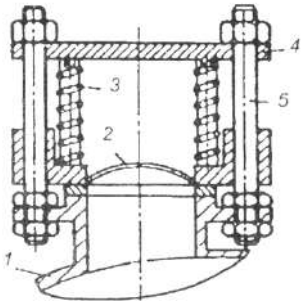



Рисунок 7.2 – Взрывной клапан: 1 – защищаемый сосуд; 2 – запорный диск; 3 – пружина; 4 – кольцо; 5 - штанга

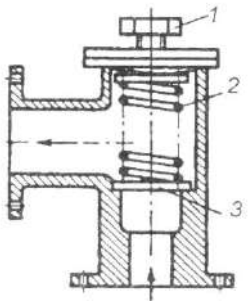



Рисунок 7.3 – Пружинный клапан: 1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 - клапан

*Пружинные клапаны* (рисунок 7.3) обладают высокой герметичностью и могут применяться при высоких давлениях. Однако они менее надежны, подвержены воздействию агрессивных сред, могут забиваться отложениями рабочих сред, обладают большой инерционностью. Поэтому за ними требуется постоянный уход и контроль.

Предохранительными клапанами оборудуют также аккумуляторы сжатого воздуха, которые обеспечивают выпуск избыточного воздуха в атмосферу.

Для выравнивания давления в воздушной магистрали и дополнительного отделения масла и влаги аккумулятор сжатого воздуха продувают через предохранительный клапан и каждый час спускают из него накапливающиеся масло и влагу. Не реже 1 раза в 6 мес. предохранительные клапаны пропаривают, промывают 5%-ным подогретым раствором тринатрийфосфата и очищают внутри от осадка и ржавчины с целью смягчения пульсаций давления сжатого воздуха, поступающего от компрессора, и уменьшения колебания давления у потребителя воздуха, вблизи компрессоров устанавливают воздухосборник с манометром и предохранительным клапаном.

Объем воздухосборника зависит от производительности компрессора и определяется по формуле:

$$V = 0.53\frac{W}{n\delta 60}, \qquad (7.1)$$

где V – объем воздухосборника, м$^3$; W – производительность компрессора, м$^3$/мин; $n$ – частота вращения вала компрессора, с–1; $\delta$ – коэффициент неравномерности давления в воздухосборнике (например, для двухступенчатого компрессора $\delta = 0.0015$). Температурный перепад в рубашках цилиндра компрессора допускается в пределах 4 – 6° С, а температура охлаждающей воды на выходе из рубашек цилиндров компрессора должна быть 20 – 40° С.

Температура сжимаемого воздуха может достигнуть таких величин, при которых возможно самовоспламенение и взрыв паров смазочного масла. Обычно требуется, чтобы температура вспышки масла была на 50 – 75° С выше температуры сжатого воздуха. Так как понижение температуры вспышки смазочных масел связано с повышением давления, то температура сжатого воздуха не должна превышать 160° С – в одноступенчатых и 140° С – в многоступенчатых компрессорах.

Конструкции сосудов и аппаратов, находящихся под давлением, и система их обслуживания разработаны с таким расчетом, чтобы была исключена опасность взрыва. Однако при нарушении правил эксплуатации взрыв может произойти. При этом работа взрыва при адиабатическом расширении газа определяется по формуле

$$A = \frac{p_1 V_1}{r-1}\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}}\right], \qquad (7.2)$$

где А – работа взрыва, Дж; $p_1$ – начальное давление газа в сосуде, МПа; $p_2$ – конечное (максимальное) давление (до взрыва), МПа; $V_1$ – начальный объем газа в сосуде, $м^3$; r – показатель адиабаты.

Мощность взрыва определяется по формуле

$$N = \frac{A}{\tau}, \qquad (7.3)$$

где $\tau$ – продолжительность взрыва, с.

*Контрольно-измерительные приборы.* Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами (приборами для измерения давления).

*Регистрация, техническое освидетельствование и испытания сосудов и емкостей, работающих под давлением. С*осуды (за исключением ряда сосудов специального назначения, например сосуды холодильных установок; резервуары воздушных электрических выключателей; баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов емкостью до 100 л; бочки для перевозки сжиженных газов и некоторые другие) регистрируются органами Госгортехнадзора.

*Техническое освидетельствование* установок, работающих под давлением, осуществляется после монтажа и пуска в эксплуатацию, а также периодически. В необходимых случаях они подвергаются внеочередному освидетельствованию.

Объем, методы и периодичность освидетельствования определяются изготовителем сосудов и емкостей и указываются в инструкциях по монтажу и эксплуатации. Техническое освидетельствование заключается во внутреннем осмотре и гидравлическом или пневматическом испытании установки. Внутренний осмотр осуществляется не реже одного раза в четыре года, и гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром — не реже одного раза в восемь лет.

*Испытание установок и емкостей,* заключающееся в гидравлических или пневматических испытаниях, проводится по определенным правилам и состоит в закачке воды или воздуха под определенным давлением, превышающим рабочее, выдержке определенное время под давлением и внешним осмотром наружной поверхности сосуда, разъемных и сварных соединений на предмет обнаружения течи. Если нет течи, трещин, потения в сварных соединениях, падения давления по контрольному манометру, сосуд считается выдержавшим испытания.

1. Практическая часть

Рассчитаем конечную температуру воздуха, при сжатии его компрессором и установим степень опасности взрыва паров компрессорного масла, если температура вспышки паров данного масла $T_{всп}$=453˚К.

Температуру воздуха, нагревающегося при сжатии его компрессором, определяют по формуле

$$T_2 = T_1\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}}, \qquad (7.4)$$

где $T_2$ – абсолютная температура газа после сжатия, °К; $T_1$ – абсолютная температура газа до сжатия, °К; $p_1$ – давление газа до сжатия, МПа; $p_2$ – давление на выходе из компрессора после сжатия, МПа; $r = C_P / C_V$ – показатель адиабаты (для воздуха $r = 1.41$), равный отношению изобарной и изохорной теплоемкостей.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | $t_1$ =15˚С; $p_2$=0,5 МПа; $p_1$=0,1 МПа; r=1,4 | Вариант 6 | $t_1$ =10˚С; $p_2$=0,4 МПа; $p_1$=0,12 МПа; r=1,7 |
| Вариант 2 | $t_1$ =20˚С; $p_2$=0,7 МПа; $p_1$=0,2 МПа; r=1,2 | Вариант 7 | $t_1$ =22˚С; $p_2$=0,6 МПа; $p_1$=0,17 МПа; r=1,4 |
| Вариант 3 | $t_1$ =30˚С; $p_2$=0,8 МПа; $p_1$=0,4 МПа; r=1,3 | Вариант 8 | $t_1$ =19˚С; $p_2$=0,8 МПа; $p_1$=0,3 МПа; r=1,3 |
| Вариант 4 | $t_1$ =25˚С; $p_2$=0,7 МПа; $p_1$=0,3 МПа; r=1,5 | Вариант 9 | $t_1$ =27˚С; $p_2$=0,9 МПа; $p_1$=0,37 МПа; r=1,35 |
| Вариант 5 | $t_1$ =12˚С; $p_2$=0,6 МПа; $p_1$=0,15 МПа; r=1,6 | Вариант 10 | $t_1$ =18˚С; $p_2$=0,8 МПа; $p_1$=0,24 МПа; r=1,5 |

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия.
2. Выполнить расчет температуры воздуха, нагревающегося при сжатии его одноступенчатым компрессором.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Установить степень опасности взрыва паров компрессорного масла в установках, работающих под давлением.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется сосудами, работающими под давлением?
2. Как маркируют эти установки?
3. Какими устройствами должны быть оснащены сосуды, работающие под давлением?
4. Что представляют собой предохранительные устройства?
5. Как определяется объем воздухосборника; температура воздуха, нагревающегося при сжатии его компрессором; работа взрыва при адиабатическом расширении газа?
6. В чем заключается техническое освидетельствование и испытания установок, работающих под давлением?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Классификация герметичных систем.
2. Окраска трубопроводов, баллонов.
3. Причины возникновения опасности герметичных систем.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8**

ТЕМА: «Составление инструкции по охране труда для рабочего места или профессии»

**Цель работы:** Приобретение навыков составления инструкции по охране труда.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Инструкция по охране труда - это локальный акт организации. В инструкции описано, что работник должен делать или наоборот, что делать воспрещено, чтобы соблюсти требования охраны труда.

Инструкции разрабатывают для каждой должности, профессии или вида выполняемой работы.

Инструкция по охране труда для работника разрабатывается на основе межотраслевой или отраслевой типовой инструкции по охране труда (а при ее отсутствии - межотраслевых или отраслевых правил по охране труда), требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации организаций

- изготовителей оборудования, а также в технологической документации организации с учетом конкретных условий производства. Эти требования излагаются применительно к должности, профессии работника или виду выполняемой работы.

Работодатель обеспечивает разработку и утверждение инструкций по охране труда для работников с учетом изложенного в письменном виде мнения выборного профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа. Коллективным договором, соглашением может быть предусмотрено принятие инструкций по охране труда по согласованию с представительным органом работников.

Для вводимых в действие новых и реконструированных производств допускается разработка временных инструкций по охране труда для работников.

Временные инструкции по охране труда для работников обеспечивают безопасное ведение технологических процессов (работ) и безопасную эксплуатацию оборудования. Они разрабатываются на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию.

Проверку и пересмотр инструкций по охране труда для работников организует работодатель. Пересмотр инструкций должен производиться не реже одного раза в 5 лет.

Инструкции по охране труда для работников могут досрочно пересматриваться:

а) при пересмотре межотраслевых и отраслевых правил и типовых инструкций по охране труда;

б) при изменении условий труда работников;

в) при внедрении новой техники и технологии;

г) по результатам анализа материалов расследования аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

д) по требованию представителей органов по труду субъектов Российской Федерации или органов федеральной инспекции труда.

Если в течение срока действия инструкции по охране труда для работника условия его труда не изменились, то ее действие продлевается на следующий срок.

Действующие инструкции по охране труда для работников структурного подразделения организации, а также перечень этих инструкций хранится у руководителя подразделения.

Местонахождение инструкций по охране труда для работников рекомендуется определять руководителю структурного подразделения организации с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления с ними.

Инструкции по охране труда для работников могут быть выданы им на руки для изучения при первичном инструктаже, либо вывешены на рабочих местах или участках, либо хранятся в ином месте, доступном для работников.

На оборотной стороне инструкции рекомендуется наличие виз: разработчика инструкции, руководителя (специалиста) службы охраны труда, энергетика, технолога и других заинтересованных лиц.

Требования инструкции следует излагать в соответствии с последовательностью технологического процесса, с учетом условий, в которых выполняется данная работа:

1) общие требования безопасности и охраны труда;

2) требования безопасности и охраны труда перед началом работы;

3) требования безопасности и охраны труда во время работы;

4) требования безопасности и охраны в аварийных ситуациях;

5) требования безопасности и охраны труда по окончании работы.

В разделе «Общие требования безопасности и охраны труда» отражаются:

1) условия допуска лиц к самостоятельной работе по профессии или к выполнению соответствующей работы (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей);

2) указания о необходимости соблюдения правил внутреннего распорядка;

3) требования по выполнению режимов труда и отдыха;

4) характеристики опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на работника;

5) нормы выдачи для данной профессии спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов и технических условий на них;

6) требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;

7) требования личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда перед началом работы» должны быть изложены:

1) порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;

2) порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокированных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения;

3) порядок проверки наличия и состояния исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);

4) порядок приема смены в случае непрерывной работы;

5) требования производственной санитарии.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда во время работы» должны быть изложены:

1) способы и приемы безопасного выполнения работ, требования по использованию технологического оборудования, приспособлений и инструментов;

2) требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);

3) требования безопасной эксплуатации транспортных средств, тары и грузоподъемных механизмов;

4) указания по безопасному содержанию рабочего места;

5) основные виды отклонений от нормативного технологического режима и методы их устранения;

6) действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;

7) требования к использованию средств защиты работников.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях» должны быть изложены:

1) действия работников при возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к нежелательным последствиям;

2) действия по оказанию медицинской помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании;

3) порядок уведомления работодателя о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда по окончании работы» должны быть изложены:

1) порядок безопасного отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры, а при непрерывном процессе - порядок передачи их по смене;

2) порядок сдачи рабочего места;

3) порядок уборки отходов производства;

4) требования соблюдения личной гигиены и производственной санитарии;

5) порядок извещения работодателя обо всех недостатках, обнаруженных во время работы.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Составить инструкцию по охране труда для профессии

Таблица

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Газо-сварщик | штукатур | шахтер | Водитель | железнодорожник | машинист | кранов щик | электрик | металлург | пожарный |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое инструкция по охране труда?
2. На основе чего разрабатывается инструкция по охране труда для работника?
3. Для каких производств допускается разработка временных инструкций по охране труда? На какой срок они разрабатываются?
4. Через какое время должен производится пересмотр инструкций?.
5. В каких случаях инструкции по охране труда для работников могут досрочно пересматриваться?
6. Как следует излагать требования инструкции по охране труда?
7. Что отражается в разделе «Общие требования безопасности и охраны труда»?
8. Что должно быть изложено в разделе «Требования безопасности и охраны труда перед началом работы»?
9. Что должно содержать в разделе «Требования безопасности и охраны труда во время работы»?
10. Что отражается в разделе «Требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях»?
11. Что должно быть изложено в разделе «Требования безопасности и охраны труда по окончании работы»?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

«Выявление опасных и вредных производственных факторов»

Безопасность условий труда на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ (ГОСТ 12.0.003 — 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»). При этом учитываются источники механических травм; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; определяются условия микроклимата в помещениях; оценивается освещенность в помещениях и на конкретном рабочем месте; определяется возможность получения электротравм; исследуется токсичность применяемых веществ; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта; определяется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также сосудов, находящихся под давлением.

*Идентификация опасных и вредных производственных факторов* - это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей,

вероятности, величины и последствий их появления.

*Опасным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

*Вредным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

ГОСТ 12.0.003-74 подразделяет опасные и вредные производственные факторы по природе действия на четыре группы:

*Физические опасные и вредные производственные факторы:*

движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;

передвигающиеся изделия, материалы, заготовки;

разрушающиеся конструкции;

обрушивающиеся горные породы;

повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;

повышенная или пониженная температура рабочей зоны;

повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвуковых колебаний;

повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение;

повышенные или пониженные влажность, подвижность, ионизация воздуха;

повышенный уровень ионизирующих излучений;

повышенные значения напряжения в электрической цепи;

повышенные уровни статического электричества, электромагнитных излучений;

повышенная напряженность электрического и магнитного полей;

отсутствие и недостаток естественного света;

недостаточная освещенность рабочей зоны;

повышенная яркость света;

пониженная контрастность;

прямая и отраженная блескость;

повышенная пульсация светового потока;

повышенные уровни ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;

острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;

расположение рабочего места на значительной высоте относительно пола (земли).

*Химические опасные и вредные производственные факторы:*

химические вещества, которые по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

токсические (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, ртуть, органические соединения, тетраэтилсвинец, дихлорэтан);

раздражающие (кислоты, щелочи, фосген, аммиак, оксиды серы и азота, сероводород);

сенсибилизирующие вещества (соединения ртути, платина, формальдегид);

канцерогенные вещества (ПАУ, 3,4 – бенз(а)пирен, мазут, гудрон, битум, масла, сажа, асбест, ароматические амины).

вещества, обладающие мутагенной активностью (органические перекиси, иприт, оксид этилена, формальдегид)

вещества, влияющие на репродуктивную функцию (бензол, сероуглерод, свинец, сурьма, марганец, марганец, ядохимикаты, никотин, соединение ртути).

*Биологические опасные и вредные производственные факторы:*

патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, рилкетсин, спирохеты, грибы, простейшие)

продукты жизнедеятельности микроорганизмов;

растения;

животные.

*Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:*

статические перегрузки;

динамические перегрузки;

умственные перенапряжения;

перенапряжение анализаторов;

монотонность труда;

эмоциональные перегрузки.

Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм человека

В производственных условиях, как правило, действует комплекс вредностей и опасностей.

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия,

разрушающиеся конструкции способствуют возникновению механических травм (ушибов, переломов, ран, увечий и т.д.), запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, повышенных уровней шума, статического электричества, напряжения зрительных анализаторов, статических перегрузок, монотонности труда и т.д. Все опасности в комплексе усиливают воздействие на организм человека в процессе труда.

*Запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны.* Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества, классификация и общие требования безопасности»). В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и производственную пыль.

Действие вредных химических веществ на организм человека обусловлено их физико-химическими свойствами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 группа химически опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на следующие подгруппы:

обще токсические; раздражающие; сенсибилизирующие; канцерогенные; мутагенные; влияющие на репродуктивную функцию.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса (ГОСТ 12.1.007-76).

**1 класс** – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец).

**2 класс** – вещества высоко опасные (оксиды азота, бензол, йод, марганец, медь, сероводород).

**3 класс** – вещества умеренно опасные (ацетон, ксилол, сернистый ангидрид, метиловый спирт).

**4 класс** – вещества малоопасные (аммиак, бензин, скипидар).

Производственная пыль является очень распространённым опасным и вредным производственным фактором. Пыль может оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. Поражающие действия пыли во многом определены её дисперсностью (размером частиц пыли). Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли с размером частиц до 5мкм.

Степень опасности пыли зависит также от формы частиц, их твердости, волокнистости, электрозаряженности. Вредность производственной пыли обуславливает её способность вызывать профессиональные заболевания легких (пневмокониозы), пылевые бронхиты, пневмонии, астматические риниты, бронхиальную астму. Аэрозоли металлов, пыль ядохимикатов может привести к хроническим и острым отравлениям.

*Параметры микроклимата.* Трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, которые определяются сочетаниями температуры воздуха, скорости его движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучениям от нагретых поверхностей. Эти показатели в совокупности (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. При благоприятных сочетаниях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием производительности труда и предупреждением заболеваний.

Параметры микроклимата могут изменяться в очень широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является сохранения постоянства температуры тела. При отклонении метеорологических параметров от оптимальных в организме человека для поддержания постоянства температуры тела начинают происходить процессы, направленные на регулирование теплопродукции и теплоотдачи. Эта способность организма человека сохранять постоянство температуры тела получила название терморегуляции.

При температуре воздуха более чем $30^{O}$C и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву. При этом наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение восприятия (окраска всего в красный или зелёный цвет), тошнота, рвота, повышается температура тела. Дыхание и пульс учащаются, артериальное давление вначале возрастает, затем падает. В тяжелых случаях наступает тепловой удар, возможна судорожная болезнь, характеризующаяся слабостью, головной болью, резкими судорогами, преимущественно в коленях.

Длительное и сильное воздействие низких температур может вызвать различные неблагоприятные изменения в организме человека. Местное и общее охлаждение организма является причиной таких заболеваний, как миозиты, невриты, радикулиты, простудные заболевания.

Физиологически оптимальной является влажность воздуха 40-60%. Повышенная относительная влажность воздуха (более 75-85%) в сочетании с низкими температурами оказывает значительное охлаждающее действие, а в сочетании с высокими – способствует перегреванию организма. Относительная влажность менее 25% приводит к высыханию слизистых оболочек и снижении защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости 0,1 м/с. Большая скорость воздуха в сочетании с низкими температурами ведет к охлаждению организма.

Тепловое воздействие облучения на организм человека зависит от длины волны, интенсивности потока

излучения, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, виды одежды человека. Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи, которые плохо задерживаются кожей и глубоко проникают в биологические ткани, вызывая повышение их температуры.

*Ионизирующие излучения.* Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Ионизирующее излучение вызывает поломку хромосом, что приводит к изменению генного аппарата и образованию дочерних клеток, неодинаковых с исходными, что ведёт к мутациям, которые могут проявляться на последующих поколениях. При ионизирующих излучениях происходит локальное повреждение кожи (лучевой ожог), возникает катаракта глаз (потемнение хрусталика), повреждение половых органов (кратковременная или постоянная стерилизация). Воздействие ионизирующего излучения может привести к лучевой болезни, представляющей собой комплекс стойких изменений в центральной нервной системе, крови, кроветворных органах, кровеносных сосудах, железах внутренней секреции.

*Электромагнитные поля.* Электромагнитное поле (ЭМП) обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

Основной характеристикой постоянного магнитного (магнитостатического) поля (ПМП) является напряженность магнитного поля, определяемая по силе, действующей в поле на проводник с током, единицей является ампер на метр (А/м).

Основной характеристикой постоянного электрического (электростатического) поля (ЭСП) является его напряженность, определяемая по силе, действующей в поле на электрический заряд, выражается в вольтах на метр (В/м).

Переменное электромагнитное поле представляет собой совокупность магнитного и электрического полей и распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (зону индукции), промежуточную (зону интерференции) и дальнюю (волновую или зону излучения). Дальняя зона начинается с расстояния от излучателя, равного примерно 6 длинам волн. Между ними располагается промежуточная зона.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот. Интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное или модулированное), режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Длительное воздействие электрического поля (ЭП) низкой частоты вызывает функциональные нарушения центральной нервной и сердечно-сосудистой систем человека, а также некоторые изменения в составе крови, особенно выраженные при высокой напряженности ЭП.

Биологическое действие электромагнитных полей (ЭМП) более высоких частот связывают в основном с их тепловым и аритмическим эффектом. Тепловое действие может привести к повышению температуры тела и местному избирательному нагреву тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую. Биологическая активность ЭМП увеличивается с возрастанием частоты колебаний и является наибольшей в области СВЧ. Облучение ЭМП большой интенсивности может привести к разрушительным изменениям в тканях и органах. Тяжелые поражения возникают только в аварийных случаях и встречаются крайне редко. Длительное хроническое воздействие ЭМП небольшой интенсивности (не вызывающих теплового эффекта) приводит к различным нервным и сердечно-сосудистым расстройствам (головной боли, утомляемости, нарушению сна, боли в области сердца и т.п.). Возможны нарушения со стороны эндокринной системы и изменение состава крови. На ранних стадиях нарушения в состоянии здоровья носят обратимый характер.

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования электромагнитных излучений положены разные принципы. Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля.

*Лазерное излучение.* Основной особенностью лазерного излучения является его острая направленность (малая расходимость пучка излучения). Воздействие лазерного излучения на организм человека носит сложный характер:

термическое вызывает ожог, некроз тканей человека, нагрев, плазмо- и парообразование тканей, и, как следствие, их механическое разрушение.

нетермическое действие вызывает облучение организма электромагнитной энергии, облучение глаз человека, возможность поражения электрическим током, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышение уровней шума и вибрации при работе лазера.

*Ультрафиолетовое излучение.* Длительное воздействие УФИ на человека может привести к серьезным положениям глаз и кожи. Острые поражения обычно проявляются в виде кератитов (воспаленная роговица) и помутнение хрусталика. Длительное воздействие УФИ на кожу человека может привести к раку кожи.

*Производственный шум.* Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы

организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой орган человека. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

При очень большом звуком давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Наиболее неблагоприятными для органа слуха является высокочастотный шум (1000...4000 Гц).

Кроме непосредственного воздействия на орган слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это так называемое неспецифическое воздействие шума может возникнуть даже раньше, чем изменения в органе слуха. характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т.п.

Многочисленными исследованиями установлено, что шум является биологическим раздражителем. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, при очень большом звуковом давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это воздействие может возникнуть раньше, чем изменение в органе слуха. Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека и вестибулярном аппарате, нарушаются функции желудочно-кишечного тракта, повышается внутричерепное давление. Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

*Производственная вибрация.* В производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к нарушениям деятельности нервной системы, сердечно-сосудистой системы, вестибулярного аппарата, нарушению обмена веществ и, в конечном счете, – к «вибрационной болезни».

При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают сосудистые растройства, спазм периферических сосудов. Локальная вибрация, имеющая широкий частотный спектр, часто с наличием узоров (клепка, бурение, срубка) вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений.

*Ультразвук.* Наиболее опасным является контактное воздействие ультразвука, которое возникает при удержании инструмента во время пайки, лужения. Воздействие ультразвука может привести к поражению периферической нервной и сосудистой систем человека в местах контакта (вегетативные полиневриты, мышечная слабость пальцев, кистей и предплечья).

*Инфразвук.* Инфразвук оказывает неблагоприятное воздействие весь организм человека, в том числе и на орган слуха, понижая слуховую чувствительность на всех частотах. Инфразвуковые колебания воспринимаются как физическая нагрузка: возникает утомление, головная боль, головокружение, вестибулярные нарушения, снижается острота зрения и слуха, нарушается периферическое кровообращение, появляется чувство страха. Особенно неблагоприятные последствия вызывают инфразвуковые колебания с частотой 2…15 Гц в связи с возникновением резонансных явлений в организме человека, причем наиболее опасна частота 7 Гц, т.к. колебания с такой частотой совпадают с альфа-ритмом биотоков мозга.

*Повышенные уровни напряжения в электрической цепи.* Электрические установки, с которыми приходится иметь дело работающим на производстве, представляет для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложение крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон) воздействий. Наиболее сложным является биологическое действие, свойственное только живым организмам.

Алгоритм выполнения практического задания

1. Изучить теоретический материал и нормативно-правовую базу.
2. Согласно профилю специальности обучающегося выбрать произвольно три варианта наименования рабочих мест из предложенных.
3. В соответствии с ГОСТ 12.0.003 — 2015 провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на выбранных для анализа рабочих местах.
4. Выявить оборудование (материалы, инструменты и т.п.), которые являются непосредственными источниками идентифицированных факторов.
5. По результатам проведенного анализа на каждое рабочее место выбранных профессий заполняются столбцы таблицы с указанием идентифицированных производственных факторов и оборудования (материалов, изделий, инструментов), при работе с которыми они встречаются.
6. Оформить отчет о практической работе в соответствии с требованиями к оформлению практических работ и защитить ее у преподавателя.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10**

«Расчет теплообмена человека с окружающей средой»

На протяжении всей своей жизни человек пребывает в постоянном тепловом взаимодействии с окружающей средой. Организм человека в процессе эволюции научился приспосабливаться к постоянно изменяющимся тепловым условиям, при повышенной температуре воздуха происходит увеличение теплоотдачи, при низких температурах теплоотдача резко уменьшается.

Человек может переносить колебания температур воздуха в весьма широких пределах: от – 50 °С и ниже до 100 °С и выше. При этом внутренняя температура органов человека может изменяться в довольно узких пределах: от 25 до 43-45 °С, выход за границы этих пределов оканчивается смертью. Организм человека приспосабливается к столь широкому диапазону колебаний температур окружающей среды посредством регулирования теплопродукции и теплоотдачи человеческого организма, которое называется терморегуляцией.

**Терморегуляция организма** – способность организма поддерживать постоянной температуру при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется следующими способами: **излучением**, **теплопроводностью**, **конвекцией и тепломассообменом**.

**Излучение тепла** – это перенос тепла от человеческого тела к окружающим предметам за счет электромагнитного излучения. Это основной путь отдачи тепла в производственных условиях. Излучением отдают тепло все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля (- 273°С). Человек отдаёт тепло, когда температура окружающих его предметов ниже температуры наружных слоёв одежды или открытой кожи.

**Теплопроводность** – отдача тепла предметам (имеющим температуру ниже, чем человеческое тело), непосредственно соприкасающихся с телом человека.

**Конвекция** – передача тепла через воздушную среду, осуществляется за счет омывания воздухом человеческого тела. При высокой подвижности воздуха теплоотдача увеличивается в несколько раз.

**Тепломассообмен** – потеря тепла за счет испарения воды с поверхности кожи и слизистой оболочки верхних дыхательных путей человеком и за счет нагрева вдыхаемого воздуха.

В условиях искусственного микроклимата (пример, горячие цеха) большое значение имеет отдача тепла организмом, т.к. перегрев организма может привести не только к снижению качества и производительности труда, но и к ухудшению здоровья рабочего.

Под влиянием высокой температуры изменяется химический состав крови, в которой уменьшается содержание хлоридов и углекислоты и т.д. Это может привести человека к потере сознания (судорожная болезнь и тепловой удар), а при длительном воздействии повышенных температур – к смерти. Поэтому при создании искусственного микроклимата на рабочих местах одним из важнейших вопросов остается обеспечение нормального теплообмена человека с окружающей средой за счет использования различных организационно-технических мероприятий.

**Нормальное тепловое самочувствие** имеет место, когда тепловыделение человека полностью воспринимается окружающей средой и когда имеет место тепловой баланс. В этом случае температура внутренних органов остается постоянной. Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде, то происходит рост температуры внутренних органов, и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием **жарко.**

Теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя (отдых, сидя или лежа), от окружающей среды приведет к повышению температуры внутренних органов уже через 1 ч на 1,2 °С. Теплоизоляция человека, производящего работу средней тяжести, вызовет повышение температуры уже на 5 °С и вплотную приблизится к максимально допустимой.

В случае, когда окружающая среда воспринимает больше теплоты, чем ее воспроизводит человек, происходит переохлаждение организма. Такое тепловое самочувствие характеризуется понятием **холодно.**

Тепло образуется вследствие окислительных процессов, из которых две трети приходится на окислительные процессы в мышцах.

Увеличение теплоотдачи всегда связано с увеличением кровенаполнения периферических кожных сосудов. Об этом свидетельствует покраснение кожных покровов при воздействии на человека повышенной температуры или инфракрасного излучения. Кровенаполнение поверхностных сосудов ведет к повышению температуры кожных покровов, что способствует более интенсивной отдаче тепла в окружающее пространство конвекцией и излучением. Приток крови к кожным покровам активизирует деятельность расположенных в подкожной клетчатке потовых желез, что ведет к увеличению потовыделения и, следовательно, к более интенсивному охлаждению организма.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется конвекцией $Q_К$, теплопроводностью $Q_Т$, излучением на окружающие поверхности $Q_{ИЗ}$ и в процессе тепломассообмена, при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами $Q_{ИС}$, и при дыхании $Q_В$: $Q_{ТП} = Q_К+Q_Т+Q_{ИЗ}+Q_{ТМ}$ *(1)*

Конвективный теплообмен определяется законом Ньютона: $Q_К = \alpha_k F_Э (t_{пов} – t_{ос})$ *(2)*

где $\alpha_к$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией; при нормальных параметрах микроклимата $\alpha_к$ = 4,06 Вт/(м$^2$ ·°С); $F_э$ – эффективная поверхность тела человека (размер эффективной поверхности тела зависит от положения его в пространстве и составляет приблизительно 50...80 % геометрической внешней поверхности тела человека); $t_{пов}$ – температура поверхности тела человека (для практических расчетов зимой – около 27,7 °С, летом – около 31,5°С); $t_{ос}$ – температура воздуха, омывающего тело человека.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье, Вт: $Q_т = (\lambda_о / \delta_о) F_э (t_{пов} – t_{ос})$ (3)

где $\lambda_0$ – коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/ (м·°С); $\delta_0$ – толщина одежды человека, м.

Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты играет конвективная передача с потоком крови.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Он может быть определен с помощью обобщенного закона Стефана-Больцмана, Вт

$$Q_{ИЗ} = C_{пр} \varepsilon F_1 \psi_{1-2} [(T_1/100)^4 – (T_2/100)^4] \quad (4)$$

где $C_{пр}$ – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м$^2$ · К$^4$); ε – степень черноты окружающих предметов; $F_1$ – площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м$^2$; $\psi_{1-2}$ – коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей $F_1$ и $F_2$ и показывающий долю лучистого потока, приходящегося на поверхность $F_2$ от всего потока, излучаемого поверхностью $F_1$; $T_1$ – средняя температура поверхности тела и одежды человека; $T_2$ – средняя температура окружающих поверхностей, К.

Для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10-60 °С приведенный коэффициент излучения $C_{пр} \approx 4,9$ Вт/ (м$^2$·К$^4$). Коэффициент облучаемости $\psi_{1-2}$ обычно принимают равным 1,0.

Количество теплоты, передаваемое человеком окружающей среде при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами, Вт $Q_{ИС} = G_П r$, (5)

где $G_П$ – масса выделяемой и испаряющейся влаги, 1 кг/с; $r$ – скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/кг.

На величину потовыделения, кроме температурных факторов влияет и категория работ, выполняемых человеком. В зависимости от степени тяжести работ увеличивается и количество влаги, выделяемой человеком. Данные о потовыделении в зависимости от температуры воздуха и физической нагрузки человека приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество влаги, выделяемой с поверхности кожи и из легких человека, г/мин

| Характеристика выполняемой работы (по Н.К. Витте) | Температура воздуха, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 16 | 18 | 28 | 35 | 45 |
| Покой, $J$ = 100* Вт | 0,6 | 0,74 | 1,69 | 3,25 | 6,2 |
| Легкая, $J$ =200 Вт | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 5,2 | 8,8 |
| Средней тяжести, $J$ = 350 Вт | 2,6 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 11,3 |
| Тяжелая, J = 490 Вт | 4,9 | 6,7 | 8,9 | 11,4 | 18,6 |
| Очень тяжелая, $J$ = 695 Вт | 6,4 | 10,4 | 11,0 | 16,0 | 21,0 |

Примечание: $J$ – интенсивность труда, Вт

В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легочный аппарат человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принимать (с запасом), что выдыхаемый воздух имеет температуру 37 °С и полностью насыщен. $Q_В = V_{лв} \rho_{вд} C_р (t_{выд} – t_{вд})$, (6)

где $V_{ЛВ}$ – объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м$^3$/с; $\rho_{ВД}$ – плотность вдыхаемого влажного воздуха, кг/м$^3$; $C_р$ – удельная теплоемкость выдыхаемого воздуха, Дж/(кг · °С); $t_{ВЫД}$ – температура выдыхаемого воз- духа, °С; $t_{ВД}$ – температура вдыхаемого воздуха, °С.

Практическая часть

Задача 1. Рассчитать, пользуясь формулой (2), потерю теплоты человеком путем конвективного теплообмена. Данные для расчета: коэффициент теплоотдачи конвекцией принять для нормальных параметрах микроклимата ($\alpha_к$ = 4,06 Вт/(м$^2$ · °С)). Температуру поверхности тела человека зимой принять равной $t_{пов}$ = 27,7 °С.

Задача 2. Рассчитать, пользуясь формулой (3), потерю теплоты человеком путем теплопроводности. Данные по температурам тела и воздуха, а также площади тела человека принять по условиям задачи 1.

Задача 3. Рассчитать, пользуясь формулой (4), потерю теплоты человеком путем излучения. Для практических расчетов принять приведенный коэффициент излучения $C_{пр} \approx 4,9$ Вт/ (м$^2$ К$^4$), степень черноты окружающих предметов ε = 0,6; площадь поверхности, излучающей лучистый поток ($F_1$), принять равной площади тела (задача 1), м$^2$. Коэффициент облучаемости принять равным $\psi_{1-2}$ = 1. Среднюю

температуру поверхности тела и одежды человека ($T_1$) принять из задачи 1, К; среднюю температура окружающих поверхностей ($T_2$) принять также из задачи 1.

Задача 4. Рассчитать, пользуясь формулой (5), потерю теплоты человеком за счет испарения влаги с поверхности кожи. Массу выделяемой и испаряющейся влаги принять из таблицы 1. Скрытую теплоту испарения выделяющейся влаги принять равной $r$ = 2260 кДж/кг (для воды).

Задача 5.Рассчитать, пользуясь формулой (6), потерю теплоты человеком за счет нагрева вдыхаемого воздуха. Объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, принять равным $V_{лв}$ = 0,004 м$^3$/с (как для тяжелой работы). Плотность вдыхаемого воздуха принять равной $\rho_{вд}$ = 1,2 кг/м$^3$; удельную теплоемкость выдыхаемого воздуха принять $C_p$ = 1,2 Дж/(кг · °С); температуру выдыхаемого воздуха и принять равной $t_{выд}$ = 37 °С.

Задача 6. Рассчитать суммарные тепловые потери человеком по результатам полученных данных решений задач 1 – 5.

Данные для расчетов по вариантам принять из следующей таблицы.

| № варианта | Задача 1 | | Задача 2 | | Задача 4 | | Задача 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $t_{ос}$ | $F_э$ | $\lambda_0$ | $\delta_0$ | $t_{ос}$ | Кат. работ | $t_{вд}$ |
| 1 | -20 | 1,8 | 0,04 | 0,005 | 18 | тяжелая | -20 |
| 2 | - 30 | 1,5 | 0,038 | 0,001 | 16 | легкая | -30 |
| 3 | - 15 | 1,6 | 0,045 | 0,003 | 28 | Ср. тяжести | -15 |
| 4 | - 25 | 1,7 | 0,05 | 0,005 | 35 | Оч. тяжелая | -25 |
| 5 | - 35 | 1,8 | 0,06 | 0,005 | 45 | тяжелая | -35 |
| 6 | - 40 | 1,9 | 0,1 | 0,01 | 16 | легкая | -40 |
| 7 | - 45 | 1,6 | 0,038 | 0,008 | 18 | Ср. тяжести | -45 |
| 8 | - 50 | 1,8 | 0,05 | 0,005 | 28 | Оч. тяжелая | -50 |
| 9 | - 30 | 1,8 | 0,08 | 0,01 | 35 | тяжелая | -30 |
| 10 | - 15 | 1,7 | 0,038 | 0,003 | 45 | легкая | -15 |
| 11 | - 25 | 1,6 | 0,02 | 0,01 | 16 | Ср. тяжести | -25 |
| 12 | - 35 | 1,7 | 0,02 | 0,009 | 18 | Оч. тяжелая | -35 |

Контрольные вопросы:

1. Какие колебания температур воздуха может переносить человек?
2. За счет чего организм человека приспосабливается к столь широкому диапазону колебаний температур окружающей среды?
3. Как осуществляется теплообмен между человеком и окружающей средой?
4. К чему может привести влиянием высокой температуры микроклимата?
5. Чем отличается теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя, от теплоизоляции человека, производящего работу средней тяжести?
6. С чем связано увеличение теплоотдачи человеческого организма? Что при этом происходит в организме?
7. Какие параметры влияют на величину потовыделения?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

## «Оценка шумового воздействия от промышленных объектов»

Санитарные правила СанПиН.2.1/2.1.1.1200-03 устанавливают гигиенические требования к размеру санитарно-защитных зон в зависимости от санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов, требования к их организации и благоустройству, основания к пересмотру этих размеров.

Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных веществ, а также источниками шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) является обязательным элементом любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Размер санитарно-защитной зоны до границы жилой застройки устанавливается:

а) для предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятно пахнущими веществами, - непосредственно от источников загрязнения атмосферы сосредоточенными (через трубы, шахты) или рассредоточенными выбросами (через фонари зданий и др.), а также от мест загрузки сырья или открытых складов;

б) для тепловых электрических станций, производственных и отопительных котельных - от дымовых труб.

Общий порядок определения СЗЗ по шуму включает:

анализ планировочной структуры предприятия (группы предприятий) и их функционального назначения;

определение шумовых характеристик предприятий (объектов);

построение локальных СЗЗ по шуму от каждого предприятия (объекта);

построение общей СЗЗ по шуму группы предприятий зоны путем акустического сложения СЗЗ смежных предприятий (объектов);

определение влияния других городских источников внешнего шума и корректировка СЗЗ с учетом вредного воздействия всего комплекса техногенных факторов.

Источниками шума на территории промышленного предприятия служат выходящие в атмосферу отверстия крупных и мелких аэрогазодинамических установок, всасывающие и выхлопные отверстия компрессорных станций, шахты и решетки, расположенных в здании вентиляционных установок, воздуховоды, по которым распространяются газовоздушные потоки, вынесенные из здания вентиляционные установки, а также любые шумящие механизмы и установки, расположенные на территории промышленных площадок.

Меры борьбы с шумом следует предусматривать на стадии проектирования генеральных планов промышленных предприятий и планировок помещений в отдельных зданиях.

При проектировании промышленных комплексов не следует размещать объекты, требующие защиты от шума (лабораторно-конструкторские корпуса, вычислительные центры административных и тому подобных зданий), в непосредственной близости от шумных помещений (испытательных боксов авиационных двигателей, газотурбинных установок, компрессорных станций и т.п.). Наиболее шумные объекты рекомендуется компоновать в отдельные комплексы.

При планировании помещений внутри зданий нужно предусматривать максимально возможное удаление тихих и малошумных помещений от помещений с интенсивными источниками шума.

Для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием в окружающую атмосферу, рекомендуется:

а) применение таких материалов и конструкций при проектировании кровли, наружных стен, фонарей, остекления (окон), ворот и дверей, которые могут обеспечить требуемую изоляцию воздушного шума, использование специальных ворот и дверей с требуемой изоляцией воздушного шума, уплотнение по периметру притворов ворот, дверей и окон;

б) звукоизоляция технологических коммуникаций, проходящих через внешние ограждающие конструкции здания;

в) устройство специальных звукоизолированных боксов и звукоизолирующих кожухов при размещении шумящего оборудования на территориях промышленных площадок;

г) применение экранов, препятствующих распространению звука в атмосфере от оборудования, размещенного на территории промышленной площадки;

д) устройство глушителей шума в газодинамических трактах, излучающих шум в атмосферу (газотурбинных и реактивных установок, компрессоров, вентиляторов и тому подобных установок);

е) звукоизоляционная облицовка каналов, излучающих шум в атмосферу.

Шум от компрессорных станций проникает в окружающую среду через отверстия всасывающих и выхлопных воздуховодов. Следует отметить, что компрессорные станции это крупнейший источник шума на промышленных предприятиях. Шум передвижных компрессорных станций (ППС), работающих недалеко от жилых зданий и имеющих значительное количество шумовых источников, принято характеризовать не уровнем звуковой мощности, а уровнем звука на определенном расстоянии (1 -7 м) от станций.

Полосы зеленых насаждений часто используют на придорожных территориях, вокруг промышленных предприятий для снижения шума от технологического оборудования и транспортных средств. Правильно выполненная шумовая зеленая полоса состоит из деревьев высотой 5-8 м, посаженных таким образом, чтобы их кроны образовывали достаточно замкнутое пространство, а также из кустов, полностью закрывающие промежутки между кронами деревьев.

*Методика расчета*

Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчётной точке (площадка в жилой застройке, от источника шума – базы автотранспорта).

Предполагается, что основным источником шума на рассматриваемой территории будет работа двигателей автотранспорта при прогреве, въезде и выезде с территории стоянки и из гаража.

Допустимый уровень звукового давления на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, согласно СНиП П-12-77 "Защита от шума" равен 45 дБА в ночное время и 55 дБА в дневное время (с 7 до 23 часов).

Уровень звука в расчётной точке, *дБА,* $L_{рт} = L_{и.ш.} - DL_{рас} - DL_{воз} - DL_{зел} - DL_{э} - DL_{зд}$, *(2.1)*

где $L_{и.ш.}$ – уровень звука от источника шума (автотранспорта);
$DL_{рас}$ – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве; *дБА*;
$DL_{воз}$ – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, *дБА*,
$DL_{зел}$ – снижение уровня звука зелёными насаждениями, *дБА*;
$DL_{э}$– снижение уровня звука экраном (зданием), *дБА*;
В формуле влияние травяного покрытия и ветра на снижение уровня звука не учитывается.
Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве $DL_{рас} = 10 \lg (r_{п} / r_{о})$, (2.2.)
где $r_{п}$ – кратчайшее расстояние от источника шума до расчётной точки, *м;*
$r_{о}$– кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источники шума; $r_{о}=7,5$ *м.*
Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе $DL_{воз} = (a_{воз} r_{п})/100$, (2.3.)
где $a_{воз}$ – коэффициент затухания звука в воздухе; $a_{воз} = 0,5$ *дБА/м.*
Снижение уровня звука зелёными насаждениями $DL_{воз} = a_{зел} \cdot B$, (2.4.)
где $a_{зел}$ – постоянная затухания шума; $a_{зел} = 0,1$ *дБА*; $B$ – ширина полосы зелёных насаждений; $B = 10$*м*.
Снижение уровня звука экраном (зданием) $DL_{воз}$ зависит от разности длин путей звукового луча *d, м.*
Таблица 2.1. Зависимость снижение уровня звука экраном (зданием) от разности звукового луча.

| d | 1 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DLвоз | 14 | 16,2 | 18,4 | 21,2 | 22,4 | 22,5 | 23,1 | 23,7 | 24,2 |

Расстоянием от источника шума и от расчётной точки до поверхности земли можно пренебречь.
Снижение шума за экраном (зданием) происходит в результате образования звуковой тени в расчётной точке и огибания экрана звуковым лучом.
Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания: $DL_{воз\ зд} = K \cdot W$, (2.5)
где $K$ – коэффициент, *дБА/м*; $K = 0,8…0,9$; $W$ – толщина (ширина) здания, *м*.
*Порядок выполнения задания*
3.1. Выберите вариант (см. табл. 2.3.).
3.2. Ознакомьтесь с методикой расчёта.
3.3.В соответствии с данными варианта определите снижение уровня звука в расчётной точке и, зная уровень звука от автотранспорта (источник шума), по формуле (2.1.) найдите уровень звука в жилой застройке.
3.4. Определите уровень звука в жилой застройке, сделайте вывод о соответствии расчётных данных допустимым нормам.
Таблица 2.3. Варианты заданий

| Вариант | $r_{п}$, м | δ,м | W, м | $L_{и.ш}$, дБа |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| 1 | 70 | 5 | 10 | 70 |
| 2 | 80 | 10 | 10 | 70 |
| 3 | 85 | 15 | 12 | 70 |
| 4 | 90 | 20 | 12 | 70 |
| 5 | 100 | 30 | 14 | 70 |
| 6 | 105 | 50 | 14 | 75 |
| 7 | 110 | 60 | 16 | 75 |
| 8 | 115 | 5 | 16 | 75 |
| 9 | 125 | 10 | 18 | 75 |
| 10 | 135 | 15 | 18 | 75 |
| 11 | 60 | 20 | 10 | 80 |
| 12 | 65 | 30 | 10 | 80 |
| 13 | 75 | 50 | 12 | 80 |
| 14 | 80 | 60 | 12 | 80 |
| 15 | 100 | 5 | 14 | 80 |
| 16 | 95 | 10 | 14 | 85 |
| 17 | 105 | 15 | 16 | 85 |
| 18 | 110 | 20 | 16 | 85 |
| 19 | 115 | 30 | 18 | 85 |
| 20 | 120 | 50 | 18 | 85 |
| 21 | 65 | 60 | 10 | 90 |
| 22 | 70 | 5 | 10 | 90 |
| 23 | 80 | 10 | 12 | 90 |
| 24 | 85 | 15 | 12 | 90 |
| 25 | 95 | 20 | 14 | 90 |

Контрольные вопросы

1. Какие санитарные правила устанавливают гигиенические требования к размеру санитарно-защитных зон?
2. Почему необходимо предусматривать санитарно-защитные зоны на пром предприятиях?
3. Что включает в себя общий порядок определения СЗЗ по шуму?
4. Что является источниками шума на территории промышленного предприятия?
5. Как не нужно размещать объекты при проектировании промышленных комплексов?
6. Что рекомендуется предусматривать для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием в окружающую атмосферу?
7. Как шум от компрессорных станций проникает в окружающую среду?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

## «Расчет общего освещения производственных помещений»

Нерациональное освещение на рабочем месте в цехе, лаборатории, офисе приводит к повышенной утомляемости, снижению работоспособности, перенапряжению органов зрения и снижению его остроты.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: *общее*– осуществляемое расположением светильников на потолке помещения; *комбинированное*– совокупность общего освещения и местных светильников, расположенных непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

В качестве источников света в настоящее время применяются электрические лампы накаливания и газоразрядные лампы.

*Лампы накаливания* относятся к источникам света теплового излучения. Они удобны в эксплуатации, легко монтируются, дешевы, работают в широком диапазоне температур окружающей среды, но обладают низкой световой отдачей *10-20лм/Вт*, сравнительно небольшим сроком службы до*2500ч*; их спектральный состав сильно отличается от естественного света, нарушается правильная светопередача.

*Газоразрядные лампы* – это приборы, в которых излучение света возникает в результате электрического разряда в атмосфере паров металлов (ртуть, натрий), галогенов (йод, фтор) и инертных газов, а также явления люминесценции. Наиболее широкое применение для целей освещения помещений и открытых площадок получили люминесцентные; ксеноновые лампы в форме светящихся трубок, а также лампы ДРЛ (дуговые, ртутные, люминесцентные) и натриевые, по форме напоминающие вытянутые лампы накаливания.

Основные преимущества газоразрядных ламп: высокая светоотдача (ДРЛ – до *65лм/Вт*, люминесцентные – до*90лм/Вт*, ксеноновые и натриевые – до*110-200лм/Вт*); большой срок службы*5000-20000ч*, близкий к естественному, солнечному спектру вид излучения. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести наличие вредных для биосферы и человека паров ртути и натрия при их разгерметизации, радиопомехи; невозможность быстрого вторичного включения лампы при кратковременном отключении питающего напряжения.

Основным существенным недостатком всех газоразрядных ламп является пульсация светового потока, т.е. непостоянство во времени, излучение света, вызванное переменным током в питающей сети и малой инерционностью процессов, сопровождающих работу этих ламп.

Электропромышленность изготавливает люминесцентные лампы, отличающиеся цветностью излучения светового потока: белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ), тепло-белого света (ЛТБ), дневного света (ЛД). Для высококачественной цветопередачи выпускают лампы с маркировкой Ц: ЛДЦ, ЛТБЦ, ЛХБЦ или ЛЕЦ. Их применяют тогда, когда при искусственном освещении требуется точное различение цветов и оттенков.

Для оценки искусственного освещения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрены светотехнические параметры количественного и качественного характера.

*К количественным параметрам* относится освещенность *Е* в люксах (*лк*) на рабочем месте, которая легко рассчитывается или измеряется с помощью люксметра.

*К качественным параметрам* относится коэффициент пульсации *КП* в %, измеряемый с помощью прибора пульсометра. Эти параметры для действующих осветительных установок должны соответствовать значениям, указанным в нормах.

Принято раздельное нормирование параметров освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина параметров устанавливается согласно характеру зрительной работы, который зависит от размеров объектов различения, характеристики фона и контраста объекта с фоном.

*Объект различения* в *мм*– размер наименьшего элемента, который необходимо увидеть в процессе работы (точка на экране ПЭВМ, самая тонкая линия на чертеже или приборной шкале и т.п.).

*Фон* – поверхность, на которой рассматривается объект различения, характеризуется коэффициентом отражения - *К*. При *К* менее *0,2* фон считается темным, от *0,2* до *0,4* – средним и более *0,4* – светлым.

*Контраст объекта с фоном*– характеризует соотношение яркости рассматриваемого объекта и фона. При слабом различении объекта на фоне контраст считается малым, объект заметен на фоне – средним; четко

различается на фоне – большим.

При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от *1*до*7*в таблице норм (в данной лабораторной работе применяем разряды от*1*до*3*), которая содержит минимально допустимые значения освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп.

При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного распределения яркостей в поле зрения, исключающих слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на *10–15%).*

По конструкции различают светильники прямого света, концентрирующие световой поток в нижнюю полусферу с помощью белого или зеркального отражателя; рассеянного света (при равномерном распределении света в пространстве) и отраженного света (световой поток направлен в верхнюю полусферу).

Светлая окраска потолка, стен, мебели, оборудования способствует увеличению освещенности на рабочих местах за счет лучшего отражения и созданию более равномерного распределения яркостей в поле зрения.

Рациональное освещение должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в СНиП 23-05-95, а также рекомендациями, изложенными в литературе.

Задачей светотехнического расчета является определение светотехнических параметров осветительной остановки, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света, необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

**2. Методика расчета**

Определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемую величину минимальной освещенности на рабочем месте для газоразрядных - люминесцентных ламп (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света, с помощью таблицы 4.1, учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном).

Для обеспечения работоспособности ЛЛ располагают в светильниках с металлической экранирующей решеткой и непрозрачными боковинами, с отраженным и рассеянным светораспределением.

Число светильников с ЛЛ определяют по формуле: $N = S/ M L$ (4.1)

где $N$ – количество светильников; $S$ – площадь помещения, м$^2$ ; $M$ – расстояние между параллельными рядами, м ;

$L$ – расстояние между центрами светильников, м.

Для достижения равномерной горизонтальной освещенности светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения. Расстояние между центрами светильников в ряду, с учетом рекомендаций, определяют по следующей формуле: $l_{св} \leq L \leq H_p$, *(4.2)*

где $H_p$ – высота подвеса светильника с ЛЛ, м(в расчетах $H_p = H$; $H$ – высота помещения в м);$l_{св}$ – длина светильника с ЛЛ, м

(в расчетах для определения $l_{св}$ используем максимальную длину ЛЛ – 1515 мм, которую увеличиваем на 20 %, поэтому $l_{св} = 1{,}2 \cdot 1515 = 1818$ мм $\approx 1{,}8$ м).

Таблица 4.1 – Нормы проектирования искусственного освещения (фрагмент)

| Характеристика зрительной работы | Наименьший размер объекта различения,мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Освещенность, лк | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | комбинированное | общее |
| Наивысшей точности | Менее 0,15 | I | а | Малый | Темный | 5000 | 1500 |
| | | | б | Малый | Средний | 4000 | 1250 |
| | | | | Средний | Темный | 4000 | 1250 |
| | | | в | Малый | Светлый | 2500 | 750 |
| | | | | Средний | Средний | 2500 | 750 |
| | | | | Большой | Темный | 2500 | 750 |
| | | | г | Средний | Светлый | 1500 | 400 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Большой | Светлый | 1500 | 400 |
| | | | | Большой | Средний | 1500 | 400 |
| очень высокой точности | 0.15 - 0.3 | II | а | Малый | Темный | 4000 | 1250 |
| | | | б | Малый | Средний | 3000 | 750 |
| | | | | Средний | Темный | 3000 | 750 |
| | | | в | Малый | Светлый | 2000 | 500 |
| | | | | Средний | Средний | 2000 | 500 |
| | | | | Большой | Темный | 2000 | 500 |
| | | | г | Средний | Светлый | 1000 | 300 |
| | | | | Большой | Светлый | 1000 | 300 |
| | | | | Большой | Средний | 1000 | 300 |
| Высокой точности | 0.3 - 0.5 | III | а | Малый | Темный | 2000 | 500 |
| | | | б | Малый | Средний | 1000 | 300 |
| | | | | Средний | Темный | 1000 | 300 |
| | | | в | Малый | Светлый | 750 | 300 |
| | | | | Средний | Средний | 750 | 300 |
| | | | | Большой | Темный | 750 | 300 |
| | | | г | Средний | Светлый | 400 | 200 |
| | | | | Большой | Светлый | 400 | 200 |
| | | | | Большой | Средний | 400 | 200 |

Подставим $l_{св}$ в формулу (4.1) и получим: $1{,}8 \le L \le H_p$ , (4.3)

В соответствии с рекомендациями, расстояние между параллельными рядами определяют по формуле:

$M \ge 0{,}6 \cdot H_p$ , (4.4)

Оптимальное значение $M$= 2 ... 3 м.

Для равномерного распределения светильников необходимо определить количество светильников в одном ряду и количество рядов по формулам: m = A / L, (4.5)

где $m$ – количество светильников в одном ряду; $A$ – длина помещения, м.

k = N / m, (4.6)

где $k$ – количество рядов.

После этого уточняем число светильников с ЛЛ по формуле: $N' = m \cdot k$ , (4.7)

Для расчета общего освещения используют метод коэффициента использования светового потока, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен.

Световой поток светильника с ЛЛ определяют по формуле:

$$\Phi_{л.расч} = \frac{E_н \cdot S \cdot Z \cdot K}{N' \cdot \eta} \qquad (4.8)$$

где $\Phi_{л.расч}$ – расчетный световой поток, лм;

$E_н$ – нормированная минимальная освещенность, лк;

$Z$ – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению $E_{ср} / E_{мин}$ , значения для ЛЛ – $Z$ = 1,1;

*K* – коэффициент запаса;

$\eta$ – коэффициент использования светового потока ламп, ($\eta$ зависит от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициента отражения потока $\rho_п$ и $\rho_с$ , высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью $H_р$ и показателя помещения i ).Значение коэффициента использования светового потока определяют по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значения коэффициента использования светового потока

| Показатель помещения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент использования светового потока | 0,28 – 0,46 | 0,34 – 0,57 | 0,37 – 0,62 | 0,39 – 0,65 | 0,40 – 0,66 |

Показатель помещения определяют по формуле: $$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (4.9)$$

где *i* – показатель помещения; *A* и *B* – соответственно длина и ширина помещения, м;

$H_p$ – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением пыли – *K*= 2, со средним –*K*= 1,8 , с малым –*K*= 1,5.

По полученному значению светового потока, с помощью таблицы 4.3, подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть 2 или 4 лампы. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в два или четыре раза соответственно.

Таблица 4.3 – Характеристики люминесцентных ламп

| Тип и мощность, Вт | Длина, мм | Световой поток, лм | Тип и мощность, Вт | Длина, мм | Световой поток, лм |
|---|---|---|---|---|---|
| ЛДЦ 20 | 604 | 820 | ЛД 40 | 1214 | 2340 |
| ЛД 20 | 604 | 920 | ЛХБ 40 | 1214 | 3000 |
| ЛХБ 20 | 604 | 935 | ЛБ 40 | 1214 | 3120 |
| ЛБ 20 | 604 | 1180 | ЛДЦ 65 | 1515 | 3050 |
| ЛДЦ 30 | 909 | 1450 | ЛДЦ 80 | 1515 | 3740 |
| ЛД 30 | 909 | 1640 | ЛД 65 | 1515 | 3570 |
| ЛХБ 30 | 909 | 1720 | ЛД 80 | 1515 | 4070 |
| ЛБ 30 | 909 | 2100 | ЛБ 80 | 1515 | 5220 |

Световой поток выбранной лампы должен соответствовать соотношению:

$$\Phi_{л.расч} = (0{,}9 \ldots 1{,}2) \cdot \Phi_{л.табл}, \quad (4.10)$$

где $\Phi_{л.расч}$ – расчетный световой поток, лм; $\Phi_{л.табл}$ – световой поток , определенный по таблице 4.3, лм.

Если соотношение по формуле (4.6) не выполняется, то количество светильников уточняется по формуле:

$$N_1 = \frac{\Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.табл}} \cdot N' \quad (4.11)$$

Мощность, потребляемая осветительной установкой, определяется по формуле: $P = p \cdot N' \cdot n$ (4.12)

где *p* – потребляемая мощность, Вт;*n* – количество ламп в светильнике.

Если количество светильников уточняется по формуле (4.11), то для определения количества светильников используется формула (4.13): $P = p \cdot N_1 \cdot n$ (4.13)

**Варианты практических заданий по теме: «Расчет общего освещения»**

| № | Производственное помещение | Габариты помещения, м | | | Н размер объекта различения, мм | Контраст объекта различения с фоном | аракторист ика фона | Характеристика помещения по условиям среды |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | длина А | ширина В | высота Н | | | | |
| 01 | Вычислительный центр | 60 | 30 | 5 | 0,35 | большой | светлый | небольшая запыленность |
| 02 | Дисплейный класс | 35 | 20 | 5 | 0,35 | малый | средний | небольшая запыленность |
| 03 | Участок шлифовальных станков | 40 | 18 | 6 | 0,27 | большой | светлый | небольшая запыленность, высокая влажность |
| 0 | Участок | 50 | 24 | 6 | 0,29 | средний | светлый | небольшая |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | полировальных станков | | | | | | | запыленность, высокая влажность |
| 05 | Механический цех; металлорежущие станки | 90 | 24 | 6 | 0,28 | средний | светлый | небольшая запыленность |
| 06 | Участок станков с ЧПУ | 60 | 24 | 5 | 0,31 | средний | светлый | небольшая запыленность |
| 07 | Участок автомати-ческих линий | 80 | 36 | 5 | 0,34 | большой | светлый | небольшая запыленность |
| 08 | Участок сборки | 50 | 18 | 6 | 0,25 | большой | светлый | небольшая запыленность |
| 09 | Участок сварки | 60 | 12 | 7 | 0,4 | средний | темный | средняя запыленность |
| 10 | Лаборатория для металлографическ их исследований | 36 | 12 | 5 | 0,29 | средний | светлый | большая запыленность |

**Контрольные вопросы**

1. По конструктивному исполнению искусственное освещение бывает…?
2. Лампы накаливания и газоразрядные лампы как источники света? Их преимущества и недостатки
3. Как различаются люминесцентные лампы?
4. Что относится к светотехническим параметрам количественного и качественного характера?
5. Что является задачей светотехнического расчета?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

### Расчет естественного освещения

Естественное освещение обеспечивается солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. Оно биологически наиболее ценно, к нему максимально приспособлен глаз человека.

На величину естественного освещения оказывает влияние инсоляционный режим, который зависит от ориентации помещения по сторонам света. Под инсоляцией понимают освещение здания солнечными лучами и попадание прямых солнечных лучей через светопроемы в помещение. Инсоляционный режим оценивается продолжительностью инсоляции в течение суток, процентом инсолируемой площади помещения и количеством радиационного тепла, поступающего через проемы в помещение. Различают три типа инсоляционного режима: максимальный, умеренный и минимальный.

Для оценки естественного освещения в помещениях используют следующие показатели: световой коэффициент (СК); коэффициент заглубления; угол падения световых лучей; угол отверстия; коэффициент естественной освещенности (КЕО).

*Световой коэффициент* представляет собой отношение остекленной поверхности окон к площади пола. СК выражается дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – частное от деления площади помещения на площадь поверхности стекол. В жилых комнатах этот коэффициент составляет не менее 1:8-1:10. Недостатком светового коэффициента является то, что он не учитывает вероятность затенения окон противостоящими зданиями, деревьями, форму окон, чистоту стекол, удаленность рабочих мест от окон.

*Коэффициент заглубления* – это отношение расстояния от пола до верхнего края окна к расстоянию до противоположной стены (глубина комнаты). Этот показатель должен быть не менее 1/1,5 – 1/2.

*Угол падения* характеризует угол, под которым падают из окна световые лучи на данную горизонтальную поверхность в помещении. Угол падения на рабочем месте должен быть не менее 27°. По мере удаления рабочего места от окна угол падения будет уменьшаться и, следовательно, освещенность станет хуже. Угол падения зависит также от высоты окна. Чем выше окно, тем угол падения больше.

*Угол отверстия* характеризует величину участка небосвода, свет от которого падает на рабочее место и непосредственно освещает рабочую поверхность. Угол отверстия не должен быть менее 5°. Чем больше участок неба, видимый из окна, тем больше угол отверстия, тем лучше освещение.

Основным нормативным показателем степени достаточности естественного освещения служит *коэффициент естественной освещенности (КЕО)* - отношение горизонтальной естественной освещенности в наиболее удаленной от окон точке помещения к единовременной освещенности под открытым небосводом на том же горизонтальном уровне в условиях рассеянного света, выраженное в процентах.

Практическое задание. Рассчитать площадь световых проемов в цехе для обеспечения нормированного значения коэффициента естественного освещения (КЕО). Для расчета естественного освещения принять боковое расположение световых проемов. Исходные данные для расчета принять по варианту (табл. 1).

Таблица 1. Варианты исходных данных

| № | Параметры для расчета |
|---|---|

| вари анта | Размеры цеха, м | | | Высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна, м | Разряд зри-тельной работы | Населенный пункт нахождения цеха | Ориен-тация окон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | длина | ширин а | высо та | | | | |
| 1 | 24 | 12,3 | 3,6 | 2,5 | IVа | Москва | С |
| 2 | 12 | 6,3 | 3,7 | 2,4 | IIIв | Пенза | СВ |
| 3 | 12 | 6,3 | 3,8 | 2,3 | IIIб | Хабаровск | З |
| 4 | 24 | 12,5 | 3,9 | 2,7 | IVв | Амурская обл. | В |
| 5 | 18 | 12,3 | 4,0 | 2,6 | Vг | Дагестан | СЗ |
| 6 | 24 | 12,2 | 4,1 | 2,8 | IVб | Мурманск | Ю |
| 7 | 24 | 12,3 | 4,2 | 2,7 | IIIг | Красноярск | ЮЗ |
| 8 | 12 | 6,5 | 4,3 | 2,2 | IIIв | Самара | Ю |
| 9 | 12 | 6,3 | 4,4 | 2,1 | IVг | Кемеровская обл. | С |
| 10 | 36 | 12,3 | 4,5 | 2,9 | VIа | Липецк | З |
| 11 | 18 | 6,3 | 5,0 | 2,3 | VIIб | Чеченская Респ. | СЗ |
| 12 | 6 | 5,4 | 5,1 | 2,0 | IIIв | Калмыцкая Респ. | СЗ |
| 13 | 24 | 5,4 | 5,2 | 2,2 | Vб | Приморский край | Ю |
| 14 | 12 | 6,3 | 5,3 | 2,3 | IVв | Респ. Бурятия | ЮВ |
| 15 | 6 | 4,8 | 5,4 | 2,1 | IVг | Оренбург | СВ |
| 16 | 6 | 5,0 | 5,5 | 2,0 | IIIб | Брянск | В |
| 17 | 36 | 12,3 | 6,0 | 2,8 | VIб | С-Петербург | З |
| 18 | 24 | 5,4 | 6,1 | 2,6 | VIIа | Пермь | ЮВ |
| 19 | 12 | 6,3 | 6,2 | 2,3 | Vв | Рязань | З |
| 20 | 18 | 12,3 | 6,3 | 2,5 | IIIг | Магадан | СВ |

Контрольные вопросы:

1. Чем обеспечивается естественное освещение?
2. Что такое инсоляция? Какие существуют типы инсоляционных режимов?
3. Что представляет собой световой коэффициент?
4. Что такое коэффициент заглубления?
5. Что характеризуют угол падения, угол отверстия? Их величины.
6. Что такое КЕО?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14**

**«Анализ производственного травматизма»**

Анализ производственного травматизма является одним из инструментов управления охраной труда. Критериями состояния охраны труда являются:

1. Показатель частоты травматизма Кч . Характеризует число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени ( обычно за год)

$$\mathbf{К_ч = 1000Т/С}$$

2. Показатель тяжести травматизма Кт. Характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай

$$К_т = Д/Т$$

3. Показатель нетрудоспособности Кн. Комплексно учитывает частоту и тяжесть травм

$$К_н = К_ч К_т = 1000Д/С$$

4. Показатель частоты несчастных случаев с летальным исходом Кл. Характеризует уровень принудительной смертности на производстве, приходящийся на 1000 работающих

$$К_л = 1000N_л/С$$

В указанных формулах **Т**-численность травмированных людей, **С**-среднесписочное число работающих, **Д**-суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям, **Nл**-число летальных исходов в результате несчастных случаев на производстве.

**Задача №1.** Два механических цеха машиностроительного предприятия сравнить по критериям состояния охраны труда и сделать вывод. Предложить мероприятия по снижению значений критерий состояния охраны труда. Назначить ответственность работодателю за нарушение требований по безопасности труда. Ответить на поставленные вопросы

Цех №1. Количество работающих: январь-апрель – по 810 человек, май-808 человек, июнь-август-по 812 человек, сентябрь-816 человек, октябрь-800 человек, ноябрь-декабрь - по 810 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 20 человек. Из них два смертельных случая в октябре по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-15, февраль-3, март-14, апрель- 5, май-24, июнь-9, июль-6, август- 18, сентябрь-10, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по14 дней.

Цех №2 Количество работающих: январь-апрель – по 1100 человек, май-июнь-август-по 1090 человек, сентябрь-1082 человека, октябрь-ноябрь-декабрь - по 1090 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 15 человек. Из них два смертельных случая в апреле. В сентябре один несчастный случай без смертельного исхода произошел по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-20, февраль-3, март-10, апрель- 7, май-20, июнь-9, июль-6, август- 10, сентябрь-18, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по12 дней.

**Задача №2.** Два механических цеха машиностроительного предприятия сравнить по критериям состояния охраны труда и сделать вывод. Предложить мероприятия по снижению значений критерий

состояния охраны труда. Назначить ответственность работодателю за нарушение требований по безопасности труда. Ответить на поставленные вопросы

Цех №1. Количество работающих: январь-март – по 600 человек, апрель-май- по608 человек, июнь-июль -по 602 человек, август-сентябрь- по 616 человек, октябрь-600 человек, ноябрь-декабрь - по

610 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 25 человек. Из них три смертельных случая в ноябре по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-13, февраль-6, март-14, апрель- 5, май-14, июнь-19, июль-6, август- 8, сентябрь-10, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по16 дней.

Цех №2 Количество работающих: январь-апрель – по 580 человек, май-июнь-август-по 570 человек, сентябрь-572 человека, октябрь-ноябрь-декабрь - по 570 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 15 человек. Из них два смертельных случая в апреле. В октябре один несчастный случай без смертельного исхода произошел по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-18, февраль-5, март-10, апрель- 9, май-15, июнь-9, июль-6, август- 12, сентябрь-16, октябрь-5, ноябрь-декабрь-по12 дней.

## Порядок выполнения работы

1. Заполнить таблицу, изучив теорию

Таблица 1- Критерии состояния охраны труда

| Номер цеха | Т, чел. | С, чел. | Д, дн. | Nл, шт. |
|---|---|---|---|---|
| №1 | | | | |
| №2 | | | | |

$C=(C_1+C_2+\ldots+C_{12})/12$ $Д=(Д_1+Д_2+\ldots+Д_{12})/12$

**Примечание.** Полученное значение округлить до целого значения в большую сторону

2. Определить критерии состояния охраны труда для цеха №1 и цеха №2
3. Сравнить критерии состояния охраны труда, сделать вывод.
4. Предложить мероприятия по снижению значений критерий состояния охраны труда
5. Заполнить таблицу (поставить галочку в клетке), изучив теорию

Таблица 2- Вид ответственности работодателя

| Номер цеха | Ответственность работодателя | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Дисциплинарная | Административная | Материальная | Уголовная |
| №1 | | | | |
| №2 | | | | |

6.Ответить на вопросы:

В каком случае возникает материальная ответственность?

В чем выражается дисциплинарная ответственность?

Кто имеет право привлекать к административной ответственности?

В каком случае возникает уголовная ответственность?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

«Расчет звукоизолированной кабины»

Наиболее простое и эффективное средство защиты от шума технологического оборудования в производственных помещениях - устройство звукоизолирующих кабин, полностью отгораживающих работающих от шумных агрегатов. Наиболее часто звукоизолирующие кабины применяют для расположения в них пультов дистанционного управления или рабочих мест в шумных цехах. Звукоизолирующие кабины широко применяют в химической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности, а также в машинных залах электростанций и в компрессорных станциях. При применении звукоизолирующих кабин следует учитывать СП 51.13330.2011 (9.22-9.24).

Преимущество применения звукоизолирующих кабин - возможность обеспечения практически любого требуемого снижения шума на рабочих местах.

Кроме этого, кабины могут быть сборными, изготовленными из стали, дюралюминия, пластика, фанеры и других листовых материалов на специальных предприятиях-изготовителях и собираться на месте установки в цехе.

Внутренний объем кабины должен составлять не менее 15 $м^3$ на одного человека. Высота кабины (внутри) – не менее 2,5 м. Кабина должна быть оборудована системой вентиляции или кондиционирования воздуха с необходимыми глушителями шума. Внутренние поверхности кабины должны быть на 50–70 % облицованы звукопоглощающими материалами.

Кабины должны обеспечивать удобное расположение рабочих мест и необходимый обзор цеха. Для этого они могут быть приподняты над полом или установлены на антресолях, с наклонным остеклением.

Звукоизолирующие кабины следует устанавливать на резиновых виброизоляторах, не допуская передачи вибраций на ограждающие конструкции кабин. Узлы крепления ограждающих элементов к каркасу кабины и друг к другу должны гарантировать плотность, герметичность и простоту монтажа этих элементов и всех соединений. Для пропускания технологических коммуникаций из цеха в кабину следует проектировать специальные звукоизолированные проемы, отверстия или коллекторы, обеспечивающие требуемую звукоизоляции ограждений, через которые приходят эти коммуникации.

Оконные проемы следует делать минимальными и заполнять толстыми зеркальными стеклами или

пластинами, например из плексигласа (органическое стекло). По периметру окон должны быть предусмотрены герметичные резиновые прокладки.

При применении двойного остекления между стеклами должна быть сделана звукопоглощающая облицовка по периметру окон.

Конструкцией дверей должна быть обеспечена легкость и простота их закрывания и открывания, плотность и герметичность притворов по всему ее периметру. При высокой требуемой звукоизоляции двери следует выполнять двойными.

Отопление и вентиляция кабины могут быть индивидуальными или от общей цеховой сети, но в обоих случаях необходимо предусматривать устройство глушителей шума со стороны выхода и входа воздуха. При установке в кабине местного вентилятора необходимо предусматривать не только устройство глушителя, но и виброизоляцию вентилятора от ограждающих конструкций кабины, а при необходимости - и кожух, изолирующий вентилятор.

Изнутри кабина, как правило, должна быть облицована звукопоглощающими конструкциями, изготовленными из материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в октавных полосах 250-2000 Гц.

Указания к расчету

Одним из наиболее эффективных вариантов борьбы с шумом является изоляция работающих от источника шума. Это возможно в тех случаях, когда пульты управления могут быть удалены от оборудования и заключены в звукоизолирующую кабину со смотровым стеклом, с пультом управления и средствами автоматики.

Требуемую звукоизолирующую способность кабины определяют по формуле:

$$R_{тр\,каб} = L + 10 \cdot \lg \frac{S}{B_k} - L_{доп} \qquad (1)$$

Где L – уровни шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

S – площадь ограждений, через которые шум проникает из шумного помещения (суммарная площадь ограждающих поверхностей кабины, за исключением пола), м$^2$: $S = a \cdot b + 2b \cdot h + 2a \cdot h$

где a – длина кабины, м; b – ширина кабины, м; h – высота кабины, м

$B_k$ – постоянная помещения кабины (м2), определяется по формуле: $B = B_{1000} \cdot \mu$

Где $B_{1000}$ – постоянная помещения в м$^2$ на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по табл. 1, в зависимости от объема V в м$^3$ и типа помещения;

$\mu$ - частотный множитель, определяемый по табл. 2.

$L_{доп}$ – допустимые значения уровней звукового давления в кабине в соответствии с требованием ГОСТ 12.1.003-83.

Реальную конструкцию ограждения кабины выбирают таким образом, чтобы ее звукоизолирующая способность $R_{каб}$ в каждой октавной полосе была выше требуемой, то есть $R_{каб} \geq R_{тр}$.

Уровень шума в кабине определяется из выражения: $L_{каб} = L - R_{каб}$

Где L – уровень шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

R – звукоизолирующая способность конструкции кабины, дБ.

Пример

Подобрать конструкцию звукоизолирующей кабины наблюдения и дистанционного управления в производственном помещении, обеспечивающую внутри нее выполнение нормативных требований ГОСТ 12.1.003-83. Уровни шума в производственном помещении в октавных полосах частот приведены в 1-ой строке табл. 4. Размеры кабины принимаем 5,2 × 3 × 2,5 м. V = 39м$^3$.

Для заданного объема кабины по табл. 1 и 2 находим значения постоянной помещения в каждой октавной полосе частот и записываем во 2-ой строке табл. 4. По формуле (1) рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность кабины (7-ая строка табл. 4). Из табл. 3 выбираем строительный материал для кабины (8-ая строка табл. 4). Сравнение строк 7 и 8 табл. 4 показывает выполнение нормативных требований $R_{каб} \geq R_{тр}$.

После чего считаем уровень шума в кабине и делаем вывод.

Таблица 1. Постоянная помещения $B_{1000}$ , м2, на среднегеометрической частоте 1000 Гц

| Тип помещения | Описание и назначение помещения | $B_{1000}$, м$^2$ |
|---|---|---|
| 1 | С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, генераторные, щитовые, электромеханические мастерские, вентиляционные помещения, залы буммашин) | V / 20 |
| 2 | С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (кабинеты, лаборатории, здравпункты, комнаты мастеров и начальников цехов, цехи вспомогательного оборудования) | V / 10 |
| 3 | С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие комнаты заводоуправлений, конструкторские и лабораторно-конструкторские залы, | V / 6 |

| | | |
|---|---|---|
| | вычислительные центры и т.п.) | |
| 4 | Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен | V / 1,5 |

Таблица 2. Частный множитель

| Объем помещения, V, м$^3$ | при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| V < 200,0 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,5 |
| V = 200 ÷ 1000 | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,4 | 4,2 |
| V > 1000 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 1 | 1,6 | 3 | 6 |

Таблица 3. Звукоизолирующая способность стен и перегородок акустических конструкций, дБ

| № п/п | Материал конструкции | Толщина | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | Кирпичная кладка | 1 кирпич | 36 | 41 | 44 | 51 | 58 | 64 | 65 | 65 |
| 2 | Кирпичная кладка | 2 кирпича | 45 | 45 | 52 | 59 | 65 | 70 | 70 | 70 |
| 3 | Железобетонная плита | 50 мм | 28 | 34 | 35 | 35 | 41 | 48 | 55 | 55 |
| 4 | Железобетонная плита | 100 мм | 34 | 40 | 40 | 44 | 50 | 55 | 60 | 70 |
| 5 | Железобетонная плита | 400 мм | 45 | 48 | 55 | 61 | 68 | 70 | 70 | 70 |
| 6 | Железобетонная плита | 800 мм | 48 | 55 | 61 | 68 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 7 | Гипсобетонная плита | 80 мм | 20 | 28 | 33 | 37 | 39 | 44 | 44 | 42 |
| 8 | Шлакобетонная панель | 250 мм | 20 | 30 | 45 | 52 | 59 | 64 | 64 | 62 |
| 9 | Стекло | 7 мм | - | 22 | 22 | 29 | 34 | 28 | 39 | - |
| 10 | Стеклопластик | 3 мм | 9 | 13 | 17 | 21 | 25 | 29 | 31 | 32 |
| 11 | Стеклопластик | 5 мм | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 31 | 31 | 34 |
| 12 | Стеклопластик | 10 мм | 17 | 21 | 25 | 28 | 31 | 31 | 34 | 38 |
| 13 | Двойной остекленный витраж | Стекло7мм; просл100мм об.толщ:114мм | - | 29 | 37 | 41 | 50 | 45 | 54 | - |

Контрольные вопросы:

1. Что располагают с звукоизолирующих кабинах?
2. На каких отраслях промышленности применяют звукоизолирующие кабины?
3. Из каких материалов изготавливают звукоизолирующие кабины?
4. Какие внутренние размеры должны быть в кабине? Чем она должна быть оборудована?
5. На чём следует устанавливать звукоизолирующие кабины?
6. Требования к конструкциям внутри кабины?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

## «Расследование несчастного случая на производстве и оформление документации»

Для разработки мероприятий по профилактике травматизма, своевременного и правильного выявления причин несчастных случаев на производстве необходимы их своевременные расследования и учет.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве *(далее несчастных случаев)* установлен в статьях 227-231 Трудового кодекса РФ в редакции, вступившей в силу с 6 октября 2006 года, и в «Положении об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и

организациях», утвержденном постановлением Минтруда РФ от 24 октября 2002 года № 73.

Этот порядок обязателен для всех организаций и лиц, занимающихся предпринимательской деятельностью.

В соответствии с этим положением расследуются и подлежат учету все несчастные случаи на производстве, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности либо его смерть, если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории организации или вне ее (включая установленные перерывы), а также во время, необходимое для приведения в порядок орудий труда, одежды, рабочего места и т.д. перед началом работы или по окончании работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время, выходные или праздничные дни;
- при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при наличии договора о его использовании в производственных целях;
- при следовании к месту командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель сменщик на автотранспортном средстве, механик рефрижераторной секции, проводник в поезде и т.д.);
- при работе вахтово-экспедиционным методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне в свободное от вахты и судовых работ время;
- при привлечении работника в установленном порядке к участию в ликвидации последствий катастрофы, аварии и других чрезвычайных происшествий техногенного и природного характера;
- при осуществлении не входящих в трудовые обязанности работника действий, но совершаемых в интересах работодателя или направленных на предотвращение аварии или несчастного случая.

Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с работником, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев. Поэтому работодатель обязан в течение суток сообщить о несчастном случае в исполнительный орган социального страхования (по месту регистрации в качестве страхователя).

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее 3 человек.

В составе комиссии включаются специалист по охране труда, представители работодателя, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

Каждый работник имеет право на личное участие в расследовании происшедшего с ним несчастного случая.

Для расследования тяжелого группового несчастного случая, несчастного случая на производстве со смертельным исходом в комиссию в комиссию кроме вышеуказанных лиц включается государственный инспектор по охране труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав, возглавляет комиссию государственный инспектор по охране труда.

По требованию пострадавшего, а в случае его смерти, по требованию его родственников в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо. Если доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель или председатель комиссии обязаны по требованию доверенного лица ознакомить его с материалами расследования.

**Порядок расследования несчастных случаев**

Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве (который не является групповым и не относится к категории тяжелых или со смертельным исходом) проводится комиссией в течение 3 дней.

Расследование группового несчастного случая на производстве или тяжелого несчастного случая на производстве со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Несчастный случай на производстве, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате которого нетрудоспособность наступила не сразу, расследуется комиссией по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение месяца со дня поступления указанного заявления.

В каждом случае расследования комиссия выявляет и опрашивает очевидцев происшествия несчастного случая, лиц, допустивших нарушения нормативных требований по охране труда, получает необходимую информацию от работодателя и по возможности объяснения пострадавшего.

На основании собранных данных и материалов комиссия устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, определяет, был ли пострадавший в момент несчастного случая связан с производственной деятельностью организации или индивидуального предпринимателя и объяснялось ли его нахождение в месте происшествия исполнением им трудовых обязанностей. На основе этих данных комиссия квалифицирует несчастный случай, как несчастный случай на производстве или несчастный случай, не

связанный с производством, определяет лиц, допустивших нарушения требований безопасности и охраны труда, законодательных и иных нормативных правовых актов, и меры по устранению причин и предупреждению несчастных случаев на производстве.

**Порядок оформления акта по форме Н-1**

По каждому случаю на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу, потерю трудоспособности работником на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акт по форме Н-1 составляется на каждого пострадавшего отдельно.

Акт по форме Н-1 подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется печатью.

Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр указанного акта пострадавшему, а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом родственникам погибшего либо его доверенному лицу.

Экземпляр акта вместе с материалами расследования несчастного случая на производстве хранится в течение 45 лет в организации по основному месту работы или учебы пострадавшего на момент несчастного случая на производстве.

**Задание:**

1 Рассмотреть функции комиссии по расследованию и оформлению несчастного случая.

2 Рассмотреть обязанности руководителя производственного подразделения, где произошел несчастный случай.

3 Оформить документацию: объяснительные записки от пострадавшего, свидетелей и руководителя производственного участка; оформить акт по форме Н-1.

Варианты заданий даны в Приложении 1.

**Контрольные вопросы**

1 Что такое травма, профзаболевание?

2 Перечислите виды инструктажей.

3 Кто ведет расследование несчастного случая на производстве?

4 Опишите порядок расследования несчастных случаев.

5 Что должно быть указано в акте формы Н-1?

6 Какие несчастные случаи расследуются и подлежат учету?

7В течение, какого времени комиссия должна составлять акт по форме Н-1?

8 Кто не может быть включен в состав комиссии по расследованию несчастного случая?

9 Какие несчастные случаи считаются производственными?

10 Назовите время и периодичность проведения инструктажей.

11 Какие существуют виды ответственности должностных лиц за нарушение требований по безопасности труда?

12 В чем состоит экономический ущерб от производственного травматизма?

13 В каких случаях проводится внеплановый инструктаж?

14 Каков порядок регистрации инструктажей?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

## «Расчёт потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции»

*Воздухообмен* - это непосредственно процесс замещения воздушного объема во внутренних пространствах того или иного здания. Воздухообмен один из количественных параметров, характеризующих работу системы вентиляции воздуха в закрытых помещениях. Правильная организация воздухообмена в производственных и жилых помещениях - одна из главных целей проектирования и создания современных систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Расчет кратности воздухообмена осуществляется на основе необходимого притока воздуха, достаточного для ассимиляции излишней влаги и тепловой энергии, содержащихся в атмосфере помещения. Для точного расчета необходимых воздухопритоков существуют рекомендованные государственными органами нормы воздухообмена.

Для качественной оценки эффективности воздухообмена принимают понятие *кратности воздухообмена К* – отношение объёма воздуха, поступающего в помещение в единицу времени L ($м^3/ч$), к свободному объёму вентилируемого помещения $V_c$ ($м^3$). При правильной организации вентиляции кратность воздухообмена должна быть значительно больше единицы.

Кратность воздухообмена с точки зрения измеряемого показателя - это величина, значение которой показывает, сколько раз в течение шестидесяти минут воздух в помещении полностью заменяется на новый. Нормы расчета кратности воздухообмена в системах вентиляции напрямую зависят от предназначения каждого конкретного помещения. Так, кратность воздухообмена в цеху на горячем производстве будет значительно отличаться от этого показателя в научной лаборатории.

Вентиляцией называется организованный регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязнённого воздуха и подачу на его место свежего. В зависимости от способа движения воздуха вентиляция может быть естественная и механическая.

Естественная – вентиляция, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания.

Механическая– вентиляция, с помощью которой воздух подаётся в производственное помещение или удаляется из него по системе вентиляционных каналов за счёт работы вентилятора. Она позволяет поддерживать в рабочих помещениях постоянную температуру и влажность.

В зависимости от требований производства и санитарно-гигиенических правил приточный воздух можно нагреть, охладить, увлажнить, а удаляемый из помещений воздух очистить от пыли и газа. Обычно объём воздуха $L_{пр}$, подаваемого в помещение при общеобменной вентиляции, равен объёму воздуха $L_в$, удаляемого из помещения.

Существенное влияние на параметры воздушной среды в рабочей зоне оказывают правильная организация и устройство приточных и вытяжных систем.

*Методика расчёта потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции.*

При общеобменной вентиляции потребный воздухообмен определяется из условий отвода избыточного тепла, удаления избыточной влаги, удаления ядовитых и вредных газов, а также пыли.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объёма помещения, приходящегося на одного работающего. Отсутствием вредных выделений считается такое их количеств в технологическом оборудовании, при одновременном выделении которых в воздухе помещения концентрация вредных веществ не превысит предельно допустимую.

Если в производственном помещении объём воздуха на каждого работающего составляет Vпр i< 20м$^3$, то расход воздуха Li должен быть не менее 30м$^3$ на каждого работающего. Если Vпр i= 20 …40м$^3$, то Li≥ 20м$^3$/ ч. В помещениях с Vпр i > 40м$^3$ и при наличии естественной вентиляции воздухообмен не рассчитывают. При отсутствии естественной вентиляции расход воздуха на одного работающего должен быть не менее 60м$^3$/ ч.

1. Необходимый воздухообмен для всего производственного помещения в целом: $L_{пп} = n \cdot L_1$; (1)

где n – число работающих в данном помещении.

В данной практической работе рассчитаем потребную кратность воздухообмена для случаев отвода избыточного тепла и удаления вредных газов.

2. Необходимый воздухообмен для отвода избыточного тепла. $$L_1 = \frac{Q}{(t_{ух} - t_{пр}) \cdot \rho \cdot c} \ , \qquad (2)$$

где $L_1$– воздухообмен, необходимый для отвода избыточного тепла (м$^3$/ ч);

Q – избыточное количество тепла, (кДж / ч);

с – теплоёмкость воздуха, (Дж / (кг $\cdot^0$ С), с = 1кДж/кг·К;

ρ – плотность воздуха, (кг / м$^3$); $\rho = 353/273+t_{пр}$ , (3)

где $t_{пр}$– температура приточного воздуха, ($^0$С); Она зависит от географического расположения завода. Принимается равной 22,3$^0$С.

$t_{ух}$ – температура воздуха, уходящего из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне, ($^0$С), которая принимается на 3–5 $^0$С выше расчётной температуры наружного воздуха.

Избыточное количество тепла, подлежащего удалению из производственного помещения, определяется по тепловому балансу:

$Q=\Sigma Q_{пр} - \Sigma Q_{расх}$; (4)

Где $\Sigma Q_{пр}$ – тепло, поступающее в помещение от различных источников, (кДж/ч);

$\Sigma Q_{расх}$ – тепло, расходуемое стенами здания и уходящие с нагретыми материалами, (кДж/ч), рассчитывается согласно методики, изложенной в СниП 2.04.05 – 86.

Так как перепад температур воздуха внутри здания и снаружи в тёплый период года небольшой (3–5 $^0$C), то при расчёте воздухообмена по избытку тепловыделений, потери тепла через конструкции зданий можно не учитывать.

Для упрощения расчётов в данной практической работе избыточное количество тепла определяется только с учётом тепловыделений электрооборудования и работающего персонала.

Таким образом: $Q = \Sigma Q_{пр}$; (5) $\Sigma Q_{пр} = Q_{э.о.} + Q_р$; (6)

Где $Q_{э.о.}$ – тепло, выделяемое при работе оборудования с приводом от электродвигателей, (кДж / ч);

$Q_р$ – тепло, выделяемое работающим персоналом, (кДж / ч).

$$Q_{эо} = 3528 \cdot \beta \cdot N \ , \qquad (7)$$

где β – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность его работы, режим работы. Принимается равным 0,25 … 0,35; N – общая установочная мощность электродвигателей, (кВт);

$Q_р$ – определяется по формуле: $Q_р = n \cdot q_р$ (8)

где n – число работающего персонала, (чел);

$q_р$ – тепло, выделяемое одним человеком, (кДж / ч); 300 кДж / ч – при лёгкой работе; 400 кДж /ч – при работе ср. тяжести;

500 кДж / ч – при тяжёлой работе.

3. Необходимый воздухообмен для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах.

При работе вентиляции, когда существует равенство масс приточного и удаляемого воздуха можно принять, что вредные вещества не накапливаются в производственном помещении. Следовательно, концентрация вредных веществ в удаляемом из помещения воздухе $q_{уд}$ не должна превышать ПДК.

Расход приточного воздуха, м$^3$ч, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах рассчитывается по формуле: $L_2 = G / (q_{уд} - q_{пр})$, (9)

где *G*– количество выделяемых вредных веществ, мг/ч, $q_{уд}$ – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, которая не должна превышать предельно допустимую, мг/м$^3$, т.е. $q_{уд} \le q_{пдк}$; $q_{пр}$– концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м$^3$. Концентрация вредных веществ в приточном воздухе не должна превышать 30% ПДК, т.е. $q_{пр} \le 0{,}3 q_{уд.}$

4. Определение потребной кратности воздухообмена.

Величина, показывающая во сколько раз потребный воздухообмен больше объёма воздуха, находящегося в производственном помещении (определяющая кратность смены воздуха), называется потребной кратностью воздухообмена. Она вычисляется по формуле: $K = L / V_с$; (10)

где К – потребная кратность воздухообмена, 1/час;

L – потребный воздухообмен, (м$^3$/ч).

Определяется сравнением величин L1 и $L_2$ и выбором наибольшей из них;

$V_с$ – внутренний свободный объём помещения, (м$^3$).

Он определяется, как разность между объёмом помещения и объёмом, занимаемым производственным оборудованием. Если свободный объём помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80% геометрического объёма помещения.

Кратность воздухообмена производственных помещений обычно составляет от 1 до 10 (большие значения для помещений со значительными выделениями теплоты, вредных веществ или небольших по объему). Для цехов литейных, кузнечно-прессовых, термических, сварочных производств кратность воздухообмена составляет 5-10, для цехов машиностроения и приборостроения – 1-3.

ЗКонтрольные вопросы:

1. Что такое воздухообмен?
2. Что такое кратность воздухообмена?
3. Что такое кратность воздухообмена с точки зрения измеряемого показателя?
4. Что такое вентиляция? Какой она может быть?
6. Как определяется потребный воздухообмен при общеобменной вентиляции?
7. Каким должен быть расход воздуха на одного работающего?

## Практическая работа № 18
## «Оформление наряда-допуска к работам на электрифицированном участках»

Задание: Произвести оформление наряда-допуска к работам на электрифицированном участке по вариантам. Студент выбирает в соответствии с номером положения фамилии в учебном журнале вариант своей работы: 1 вариант - нечетный номер, 2 вариант – четный. 1 вариант - заполните бланк наряда-допуска ясно, конкретно и четко, в соответствии с порядком заполнения (Приложение 2). Опираясь на раздел I "Наряд", II"Допуск". Исправления текста не допускаются; 2 вариант - заполните журнал учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ (Приложение 3). Письменно ответить на контрольные вопросы и сделать вывод о проделанной работе.

*Порядок оформления и выдачи нарядов-допусков*

1. Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ.

В случае невыполнения работы в указанное в наряде-допуске время или изменения условий производства работ работы прекращаются, наряд-допуск закрывается, возобновление работ разрешается только после выдачи нового наряда-допуска.

2. На каждую бригаду (звено), участвующую в производстве работ повышенной опасности, наряд-допуск должен оформляться в 2 экземплярах (один находится у лица, выдавшего наряд-допуск, другой выдается ответственному руководителю работ).

Бланк наряда-допуска должен быть заполнен ясно, конкретно и четко, в соответствии с порядком заполнения (Приложение 2). Исправления текста не допускаются.

3.При выполнении работ на территории действующего предприятия лицо, выдающее наряд-допуск от организации, учитывая имеющиеся или могущие возникнуть опасности (постоянно и потенциально опасные производственные факторы), а также в соответствии с определенными актом-допуском мероприятиями, выписывает наряд-допуск в 3 экземплярах (третий экземпляр выдается ответственному лицу действующего предприятия), согласовав меры безопасности и порядок производства работ с ответственным лицом действующего предприятия (цеха, участка).

4. Для выполнения работ в охранной зоне линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций организация обязана подать заявку предприятию, эксплуатирующему эти сооружения, с указанием вида, характера, места, времени начала и окончания работ, а также список ответственных руководителей, ответственных исполнителей работ и лиц, имеющих право выдачи нарядов-допусков, с указанием фамилий, инициалов, должностей и групп по электробезопасности и получить письменное разрешение на право производства работ.

5. Наряд-допуск на производство работ в охранной зоне воздушной линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций должен быть утвержден руководителем (главным инженером, техническим директором) организации и подписан лицом, ответственным за эксплуатацию линии со стороны владельца.

В подразделениях, выполняющих указанные работы и расположенных на расстоянии более 50 км от своих организаций, наряд-допуск утверждает руководитель подразделения или другой ответственный руководитель (специалист), прошедший соответствующее обучение и уполномоченный на это приказом по организации.

6. Количество нарядов-допусков, выдаваемых одновременно одному ответственному руководителю работ, определяется лицом, выдающим наряд-допуск, исходя из физической возможности выполнения ответственным руководителем своих обязанностей.

При этом у ответственного руководителя работ не должно быть более трех незакрытых нарядов-допусков одновременно.

7. Ответственному исполнителю работ может быть выдан только один наряд-допуск.

8. По окончании смены, а также при перерывах в работе на праздничные дни и дни отдыха ответственный исполнитель работ обязан передать наряд-допуск ответственному руководителю работ на хранение.

При возобновлении работ ответственный руководитель обязан лично убедиться в том, что условия их производства не изменились, и только после этого возвратить наряд-допуск ответственному исполнителю работ. Возобновление работ без наряда-допуска запрещается.

9. Срок хранения закрытого наряда-допуска - 30 дней.

10. Выдача и возврат нарядов-допусков регистрируются в журнале учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ (Приложение 3). Журнал должен быть пронумерован, прошнурован и скреплен печатью организации.

Журналы, чистые бланки и закрытые наряды-допуски должны храниться у лица, выдающего их.

Срок хранения журнала - 6 мес. с момента последней записи.

11. Ответственный руководитель работ не имеет права принимать наряд-допуск, осуществлять допуск бригады (звена) к работе если характер и условия работ, меры безопасности не отражены в наряде-допуске в требуемом объеме или не соответствуют правилам безопасности. За отказ принять наряд-допуск и осуществить допуск персонала в указанных случаях он ответственности не несет.

Ответственный исполнитель работ не имеет права получать наряд-допуск и начинать работу бригады (звена), если характер и условия работ, меры безопасности не соответствуют действующим правилам и инструкциям по безопасности труда или не отражены в наряде-допуске в требуемом объеме. За отказ получить наряд-допуск и приступить к работе он ответственности не несет.

Примечание. Наряд-допуск оформляется в двух экземплярах (1-й находится у лица, выдавшего наряд, 2-й - у ответственного руководителя работ).

При работах на территории действующего предприятия наряд-допуск оформляется в 3 экземплярах (3-й экземпляр выдается ответственному лицу действующего предприятия).

Порядок заполнения наряда-допуска (Приложение 3):

1. "Наряд"

Пункт 1. При наименовании работ следует избегать обобщенных названий и конкретно указывать вид работ, выполняемый по данному наряду-допуску. Члены бригады (звена) обязаны выполнять только указанную в наряде работу. При необходимости выполнить какие-либо дополнительные работы необходимо выписать другой наряд-допуск. Место работы указывается по конкретным, реально имеющимся на месте производства работ ориентирам. Нахождение в указанной зоне членов бригады разрешается только в присутствии ответственного исполнителя или, при его отсутствии, ответственного руководителя работ. При невозможности выполнения этого условия бригады из указанной опасной зоны должны быть выведены.

Пункт 2. Указываются материалы, инструменты, приспособления, оборудование и защитные средства, применяемые при выполнении указанных в п. 1 работ. При этом необходимо обратить особое внимание на материалы, инструменты, приспособления и оборудование, которые сами по себе могут стать источником опасности (горюче- и взрывоопасные материалы, электрифицированный, пневматический и пиротехнический инструмент, инструменты с острыми рабочими кромками, оборудование, имеющее открытые вращающиеся и движущиеся рабочие органы, и т.д.)

Пункт 3. При перечислении мероприятий, проводимых в целях безопасности работ, необходимо обратить особое внимание на мероприятия, предотвращающие воздействие на работников внешних, не связанных непосредственно с выполняемой работой опасностей, из-за которых данная работа отнесена к категории работ

повышенной опасности. К ним в первую очередь относятся установка защитных и сигнальных ограждений, экранов, средств сигнализации, устройство защитных покрытий и т.п. При выполнении работ на территории действующего предприятия в этот пункт необходимо внести мероприятия, указанные в акте-допуске.

Пункт 4. В особых условиях наряда-допуска указываются источники внешних опасных факторов и опасных факторов, которые могут появиться во время работы, а также их местонахождение. Здесь же указывается действующее оборудование, находящееся в зоне производства работ или вблизи нее.

Пункт 5. При указании времени начала и окончания работ необходимо учитывать, что работники могут находиться в зоне работ только в указанное время и только в присутствии ответственного исполнителя или руководителя работ.

Пункт 6. Наряд-допуск имеет право выписывать и выдавать только ответственный работник, назначенный приказом организации.

Пункт 7. Ответственный руководитель работ перед подписанием наряда-допуска должен ознакомиться с записями в наряде, имеющейся нормативной и технической документацией, оценить полноту мер по обеспечению безопасных условий работ и, при необходимости, уточнить и дополнить их.

Пункт 8. При выполнении работ на территории действующего предприятия лицо, выдающее наряд-допуск, вместе с ответственным руководителем работ согласовывает мероприятия по обеспечению безопасности труда и порядок производства работ с ответственным лицом действующего предприятия и получает его подпись. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная "*", не заполняется.

2. "Допуск"

Пункт 10. Перед началом работ ответственный руководитель работ, а при выполнении работ на территории действующего предприятия - его ответственное лицо проводит инструктаж членов бригады (звена), в котором, помимо мер безопасности по выполняемой работе, указывают меры безопасности по предотвращению травмирования от внешних опасных и вредных факторов, местонахождение источников опасности, проходы в зону производства работ и в самой зоне. Кроме того, рассказывается о порядке действия работников в аварийных и чрезвычайных ситуациях, разъясняется порядок производства работ. Рабочие знакомятся с необходимой нормативно-технической документацией, ППР, ТК. По окончании инструктажа ответственный руководитель работ опросом проводит проверку полноты усвоения материала, при необходимости поясняет некоторые мероприятия по организации и безопасному производству работ. Проведение целевого инструктажа подтверждается подписью в наряде-допуске.

Пункт 11. Фамилии и профессии рабочих, получивших инструктаж, четко, без исправлений записываются в соответствующую графу наряда-допуска. Каждый работник росписью подтверждает проведение инструктажа. Какие-либо исправления или дописки не допускаются.

Пункт 12. При выполнении работ на территории действующего предприятия ответственное лицо предприятия проверяет рабочее место, условия труда и выполнение мер безопасности, указанных в наряде-допуске, допускает рабочих на место работ и ставит свою подпись в наряде-допуске. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная звездочкой "*", не заполняется. Ответственный руководитель работ совместно с ответственным исполнителем работ проверяют состояние рабочего места, выполнение мер безопасности, устраняют выявленные недостатки и расписываются в наряде-допуске.

Пункт 13. Ответственный руководитель работ проставляет время и дату фактического начала работ и передает один экземпляр наряда-допуска ответственному исполнителю работ, другой - лицу, выдавшему наряд-допуск.

Пункт 14. По окончании работ ответственный исполнитель работ совместно с

ответственным руководителем работ (при выполнении работ на территории действующего предприятия в присутствии ответственного лица предприятия) проверяют выполнение работ, рабочее место, отсутствие посторонних предметов, материалов, инструментов и других факторов, наличие которых может создать аварийную ситуацию, проставляют время и дату фактического окончания работ и ставят свою подпись в наряде-допуске. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная "*", не заполняется. Ответственный исполнитель работ передает закрытый наряд-допуск ответственному руководителю работ. Ответственный руководитель проставляет дату закрытия наряда в журнале учета выдачи нарядов-допусков, ставит свою подпись и передает закрытый наряд-допуск лицу, ответственному за выдачу наряда-допуска.

**Содержание отчета:**

1. Оформить титульный лист в соответствии с СТП 1.2 – 2005.
2. В практической работе необходимо отразить следующее:

А) Название практической работы.

Б) Цель работы.

В) Задание.

Г) Выполненная работа в соответствии с заданием.

Д) Ответы на практические работы.

Е) Вывод.

Ж) Отчет необходимо оформить в папку.

**Контрольные вопросы:**

1.Что делается в случае невыполнения работы в указанное в наряде-допуске время или изменения условий производства работ.

2.В скольких экземплярах оформляется наряд-допуск и у кого они должны находиться перед началом работ.

3.Что обязана сделать организация перед выполнением работ в охранной зоне линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций.

4.Кем должен быть утверждён наряд-допуск на производство работ в охранной зоне воздушной линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций.

5.По каким причинам ответственный руководитель работ не имеет права принимать наряд-допуск, осуществлять допуск бригады (звена) к работе.

Приложение 2

ФОРМА НАРЯДА-ДОПУСКА
НА ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

_____

(наименование организации, предприятия)

Утверждено:
Гл. инженер _____

НАРЯД-ДОПУСК
на производство работ повышенной опасности

от "__" _____ 19__ г.

I. НАРЯД

1. Ответственному исполнителю работ _____
с бригадой в составе _____ человек произвести следующие работы:
_____
_____
(наименование работ, место проведения)
2. Для производства работ необходимы:
материалы _____;
инструменты _____;
защитные средства _____.
3. При подготовке и выполнении работ обеспечить следующие меры безопасности: _____
(перечисляются основные мероприятия и средства
_____
по обеспечению безопасности труда)
_____
_____
4. Особые условия _____
5. Начало работы в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Окончание работы в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Режим работы _____
(одно-, двух-, трехсменный)
6. Ответственным руководителем работ назначается
_____
(должность, Ф.И.О.)
7. Наряд-допуск выдал _____
(должность, Ф.И.О., подпись)
8. Наряд-допуск принял:
ответственный руководитель работ _____
(должность, Ф.И.О., подпись)
9. Мероприятия по обеспечению безопасности труда и порядок производства работ согласованы <*>: _____
(должность, Ф.И.О., подпись
_____
ответственного лица действующего предприятия (цеха, участка))

## II. ДОПУСК

10. Инструктаж о мерах безопасности на рабочем месте в соответствии с инструкциями _____
_____
(наименование инструкции или краткое содержание инструктажа)
провели:
ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
ответственное лицо действующего предприятия (цеха, участка) <*> __
_____
(дата, подпись)
11. Инструктаж прошли члены бригады:

| Фамилия, имя, отчество | Профессия, разряд | Дата | Подпись прошедшего инструктаж |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

12. Рабочее место и условия труда проверены. Меры безопасности, указанные в наряде-допуске, обеспечены.
Разрешаю приступить к работам <*> _____
(должность, Ф.И.О.

_____
допускающего к работе - представителя действующего предприятия, дата и подпись)
Ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
Ответственный исполнитель работ _____
(дата, подпись)
13. Работы начаты в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
14. Работы окончены, рабочие места проверены (материалы, инструменты, приспособления и т.п. убраны), люди выведены.
Наряд закрыт в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Ответственный исполнитель работ _____
(дата, подпись)
Ответственное лицо действующего предприятия <*> _____
(дата, подпись)

<*> Оформляется подписью только при выполнении строительно - монтажных работ на территории (в цехе, на участке) действующего предприятия.

Приложение 3

Журнал учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ

| Номер наряда-допуска. Дата выдачи | Наименование организации, получившей наряд-допуск, характер работ (повышенной опасности или совмещенные | Сроки выполнения работ по наряду-допуску | | Фамилия, инициалы и подпись лица, выдавшего наряд-допуск | Фамилия, инициалы и подпись лица, получившего наряд-допуск | Дата закрытия наряда-допуска | Подпись ответственного руководителя работ | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | начало | окончание | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

Практическая работа № 19

«Оформление проведения инструктажей»

Виды инструктажей работников по охране труда, порядок их проведения и оформления

Все виды инструктажей следует считать элементами учебы. При инструктаже особое внимание надо уделять рабочим со стажем до 1 года, а также опытным рабочим с большим стажем. Эти категории рабочих наиболее подвержены травматизму. В первом случае - из-за неопытности, во втором - из-за чрезмерной самоуверенности. Разбор несчастных случаев, проработка приказов есть также своеобразная форма обучения. По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

1) вводный;
2) первичный на рабочем месте;
3) повторный;
4) внеплановый;
5) целевой.

Вводный инструктаж и первичный на рабочем месте проводятся по утвержденным программам.

Вводный инструктаж

Вводный инструктаж по безопасности труда проводит инженер по охране труда или лицо, на которое возложены эти обязанности, со всеми вновь принимаемыми на работу не зависимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, с временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, а также учащимися в учебных заведениях. О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего, а также в документе о приеме на работу или контрольном листе. Проведение вводного инструктажа с учащимися регистрируют в журнале учета учебной работы.

Первичный инструктаж

Первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте до начала производственной деятельности проводит непосредственный руководитель работ по инструкциям по охране труда, разработанным для отдельных профессий или видов работ:

- со всеми работниками, вновь принятыми в организацию, и переводимыми из одного подразделения в другое;
- с работниками, выполняющими новую для них работу, командированными, временными работниками;
- со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующей организации;
- со студентами и учащимися, прибывшими на производственное обучение или практику перед выполнением новых видов работ, а также перед изучением каждой новой темы при проведении практических занятий в учебных лабораториях, классах, мастерских, участках.

Лица, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением и применением сырья и материалов, первичный инструктаж не проходят.

Перечень профессий и должностных работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, утверждает руководитель организации по согласованию с профсоюзным комитетом и службой охраны труда. Все работники, в том числе выпускники профтехучилищ, после первичного инструктажа на рабочем месте должны в течение первых 2 - 14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) пройти стажировку по безопасным методам и приемам труда на рабочем месте под руководством лиц, назначенных приказом (распоряжением) по предприятию (подразделению, цеху, участку и т.п.). Ученики и практиканты прикрепляются к квалифицированным специалистам на время практики.

Повторный инструктаж

Повторный инструктаж проходят все работающие, за исключением лиц, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, не зависимо от их квалификации, образования и стажа работы не реже чем через 6 месяцев. Его проводят с целью проверки знаний правил и инструкций по охране труда, а также с целью повышения знаний индивидуально или с группой работников одной профессии, бригады по программе инструктажа на рабочем месте. По согласованию с соответствующими органами государственного надзора для некоторых категорий работников может быть установлен более продолжительный (до 1 года) срок прохождения повторного инструктажа.

Повторный инструктаж проводится по программам первичного инструктажа на рабочем месте.

Внеплановый инструктаж

Внеплановый инструктаж проводится:

• при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

• при изменении, технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

• при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

• по требованию органов надзора;

• при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, более чем 30 календарных дней, а для остальных работ - более двух месяцев.

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии. Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин или обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения. Внеплановый инструктаж отмечается в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с указанием причин его проведения.

Внеплановый инструктаж проводит непосредственно руководитель работ (преподаватель, мастер).

Целевой инструктаж

Целевой инструктаж проводится:

• при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями работника по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне предприятия, цеха и т.п.);

• при ликвидации последствий аварии, стихийных бедствий, производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение и другие документы.

Целевой инструктаж проводится непосредственно руководителем работ и

фиксируется в журнале инструктажей и необходимых случаях - в наряде-допуске.

**Содержание отчета:**

1. Оформить титульный лист в соответствии с СТП 1.2 – 2005.
2. В практической работе необходимо отразить следующее:

А) Название практической работы.

Б) Цель работы.

В) Задание.

Г) Выполненная работа в соответствии с заданием.

Д) Ответы на практические работы.

Е) Вывод.

Ж) Отчет необходимо оформить в папку.

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите виды инструктажей.
2. Укажите виды построения вводного инструктажа.
3. Укажите виды построения внепланового инструктажа.
4. Укажите виды построения целевого инструктажа.

## Практическая работа № 20

«Контроль запылённости воздуха в рабочей зоне»

С точки зрения чистоты воздуха, особенно в городах, окружающая нас среда не идеальна. А происходит это из-за того, что к наружным (внешним) источникам пыли добавляются еще и внутренние.

Наружные источники — это содержащиеся в атмосферном воздухе выбросы транспорта, промышленных предприятий, частицы почвы и песка, пыльца, микроорганизмы, насекомые, которые заносятся в помещения через форточки и двери потоками воздуха и людьми.

В среднем частицы пыли имеют размеры от 0,1 до 100 мкм.

В воздухе помещений преобладают пылевые частицы размером от 0,4 до 3,2 мкм, причем частицы меньше 1 мкм составляют от 85 до 99,9 % и практически постоянно находятся в воздухе, а крупные частицы размером 10-100 мкм оседают на поверхностях.

Учитывая известное вредное действие пыли в воздухе на организм, важнейшим фактором обеспечивающим нормальные условия труда является своевременное определение запылённости воздуха в рабочей зоне.

На рабочих местах концентрацию пыли измеряют в зоне дыхания. В случае невозможности такого отбора воздуха, его отбирают (определяют запылённость) путём максимального приближения к зоне дыхания воздухозаборного отверстия пылесборника, но не далее 1-1,5 м на высоте 1,5 м от пола (почвы). Если рабочее место не нестационарное, то измерение концентрации пыли проводят в точках рабочей зоны, в которых работник находится более 50% времени за смену. Зона дыхания - пространство в радиусе до 50 см от лица работающего. Длительность измерения максимально разовых концентраций должна составлять 30 мин. При уровнях запыленности более 10 ПДК допускается отбор нескольких последовательных (не менее трех) разовых проб через равные промежутки времени.

Методы определения (оценки) запылённости воздуха разделяют на две группы:

- Первая группа предполагает выделения дисперсной фазы аэрозоля (пылевых частиц) весовым методом (гравиметрическим) или счётным (кониметрическим).
- Вторая группа предполагает выделение дисперсной фазы из аэрозоля одним из принципов: фотометрический, радиоизотопный, фотоэлектрический, оптический, акустический, электроиндукционный.

При *весовом методе* определения запылённости воздуха используется электроаспиратор ЭА-30. Для отбора проб рекомендуется использовать Аспиратор А-822 или автоматический одноканальный пробоотборник АПП-6-1. Запылённость определяется в мг/м$^3$.

Для более тщательного исследования запылённости применяют другой метод – *счётный метод*, так как не редко в сложных производственных условиях большое значение имеет не только концентрация пыли, выраженная в мг/м$^3$, но и количество пылевых частиц (выражается числом пылинок в 1 см$^3$ воздуха), и степень их дисперсности. Такие сведения о запылённости воздуха необходимы (например, в фармацевтике, гигиенических и медицинских исследованиях) и др.

*Счетный метод* позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры

пылевых частиц.

Счетный метод считается вспомогательным к весовому и применяется чаще всего в гигиенических исследованиях, фармацевтике и высокоточных работах (например, при изготовлении микросхем) и др.

*Фотометрический метод* предполагает определение запылённости воздуха с помощью фотопылимеров – приборов, принцип действия которых основан на измерении интенсивности светового потока, проходящего через запылённый воздух, легко и быстро определяется концентрация пыли в воздухе. Этот метод сильно уступает в точности измерения весовому методу.

*Радиоизотопный метод* осуществляется радиометрическими приборами, принцип действия которых основан на определении степени поглощения альфа-излучения отобранной на фильтр пробы. Концентрацию пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения через слой накопленной пыли (концентратомер радиоизотопный «ПРИМА» модели 01 и 03). Погрешность измерений составляет ±30%.

*Фотоэлектрический метод* основан на принципе измерения ослабления параллельного пучка световых лучей, проходящего через слой запылённого воздуха с помощью фотоэлемента и гальванометра.

*Оптический метод* основан на осаждении пылевых частиц из воздуха на фильтре и последующем определении оптической плотности осаждённого пылевого облака. Для этого используется денсиометрический переносной пылемер ДПВ-1.

*Акустический метод* основан на измерении параметров акустического поля при наличии частиц пыли в пространстве между источником и приёмником звука. Потери ультразвуковой энергии обусловлены влиянием взвешенных твёрдых частиц. Недостаток метода – сложность измерительной аппаратуры.

*Электроиндукционный метод* определения запылённости воздуха проводится анализатором пыли Пылемером ИКП-5. Принцип действия прибора основан на периодической принудительной зарядке частиц пыли в поле короткого импульсного разряда и последующем измерении тока, а также переноса заряженных частиц путём измерения наведённого ими переменного напряжения. Амплитуда напряжения пропорциональна массовой концентрации пыли (мг/м$^3$).

Промышленностью серийно выпускаются приборы автоматического определения концентрации пыли ИЗВ-1, ИЗВ-3 (измеритель запылённости воздуха), ПРИЗ-1 (переносной радиоизотопный измеритель запылённости), ИКП-1 (измеритель концентрации пыли), ПРИМА-01 и -03 (концентратомер радиоизотопный) и др.

Практическая часть.

Определение допустимого времени (экспозиции) работы без СИЗ в зависимости от запылённости воздуха в рабочей зоне

Задание 1. Определить экспозицию допустимого времени работы при заданных видах пыли и её концентрации.

Определение экспозиции осуществляется по номограмме (рис. 7.1), где по оси абсцисс «х» приведено искомое (допустимое) время работы в часах, а по оси ординаты «у» откладывается величина превышения ПДК пыли в процентах (х% ПДК).

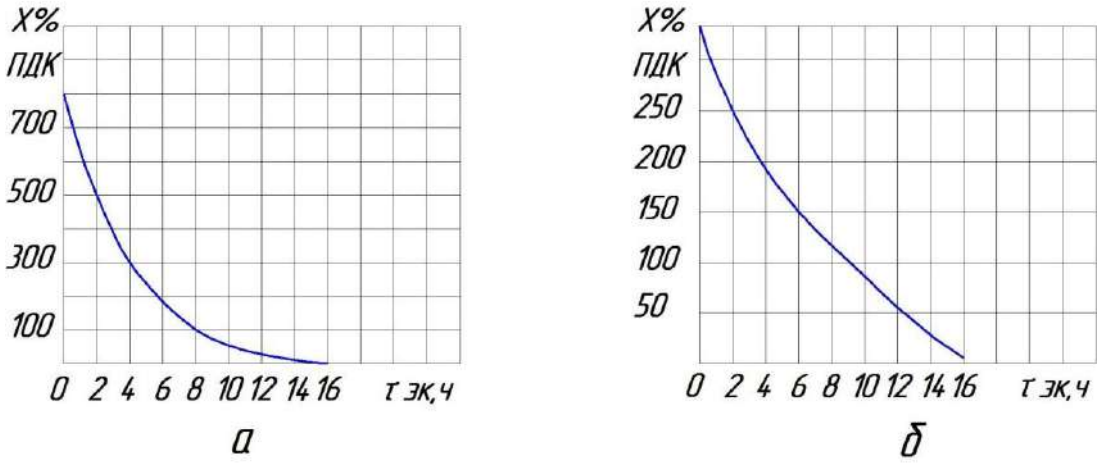



Рисунок 7.1 – Монограммы допустимой экспозиции $\tau_{эксп}$ от содержания пыли в рабочей зоне:
а-нетоксичная пыль, б-токсичная пыль

Процент превышения ПДК при известной (фактической) запылённости воздуха определяют по формуле:

$$x=\frac{C}{ПДК}*100\ ,\ \%\qquad (2)$$

где: С – известная запылённость, мг/м$^3$;

ПДК – предельно допустимая концентрация заданного вида пыли (выбирается из таблицы по приложению Б).

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

2 Оценка риска взрывоопасности воздуха в рабочей зоне

Задание 2. Определить взрывоопасность определённого вида и концентрации пыли.

Взрываемость определённой запылённости воздуха в мг/м$^3$ определяют сравнением фактического содержания пыли с нижним пределом взрываемости данной пыли (таблица в Приложении А).

При этом если фактическая концентрация взрываемости при пожароопасной пыли больше нижнего предела взрываемости, то возможен взрыв.

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

Задание 3. Определить взрывоопасность определённого вида и концентрации пыли.

Взрываемость определённой запылённости воздуха в мг/м$^3$ определяют сравнением фактического содержания пыли с нижним пределом взрываемости данной пыли (таблица в Приложении А).

При этом если фактическая концентрация взрываемости при пожароопасной пыли больше нижнего предела взрываемости, то возможен взрыв.

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 Результаты расчетов решения задач

| Вид пыли | Концентрация пыли мг/м$^3$ | ПДК, мг/м$^3$ | x | Экспозиция работы без СИЗ | Нижний предел взрываемости, мг/м$^3$ | Вероятность взрыва |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Комбикорма сухие | 15 | | | | | |
| Пыль зерновая | 24 | | | | | |
| Пыль земляная | 10 | | | | | |
| Фосфорит | 12 | | | | | |
| Сено, травяная мука | 21 | | | | | |
| Сера молотая | 2 | | | | | |
| Пыль мучная | 18 | | | | | |
| Алюминий с примесью кремния | 10 | | | | | |

## Практическая работа № 21

### «Определение доз облучения от гамма-излучающих радионуклидов»

Ионизирующее излучение - излучение, воздействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Основными источниками ионизирующего излучения являются радионуклиды - разновидности атомов с данным массовым числом и атомным номером. Массовое число нуклида указывается вверху слева от символа химического элемента, например, нуклид стронция $^{90}Sr$, нуклид цезия $^{137}Cs$.

Активность радионуклидов А - это число самопроизвольных случайных распадов или число испускаемых частиц $\Delta N$ в единицу времени $\Delta t$: $A = \Delta N / \Delta t$. (1.1)

Единицей активности является Бк (беккерель), 1 Бк = 1 расп/с.

Также единицей активности является Ku (кюри), 1 Ku = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Активность радионуклидов со временем уменьшается по экспоненциальному закону. Изменение активности описывается формулой $A_t = A_0 \exp( -0,693\, t / T_{1/2} )$, (1.2)

где $A_t$ - активность радионуклида по прошествии времени t;

$A_0$ - активность радионуклида в начальный период (t = 0); t - время;

$T_{1/2}$ - период полураспада, т.е. время в течение которого распадается половина радиоактивных атомов.

Если $t = T_{1/2}$, то $A_t = A_o / e^{0,693} = A_o / 2$.

Период полураспада у некоторых радионуклидов составляет несколько суток, а у некоторых - годы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Радиобиологические свойства радионуклидов

| Нуклид | Эффективная энергия Еэф | Гамма постоянная Кγ, | Период полураспада $T_{1/2}$, сут | Критический орган | Доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган | | Период полувыведения из организма $T_{B/2}$, сут |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | При заглатывании f3 | При вдыхании fвд | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $^{60}CO$ | 1,5 | 6,75 | $1,9\cdot10^{3}$ | Все тело<br>Печень | 0,3<br>0,001 | 0,45<br>0,02 | 9,5<br>9,5 |
| $^{131}J$ | 0,41 | 1,69 | 8 | Все тело<br>Щитовид железа | 1,0<br>0,3 | 0,75<br>0,23 | 138<br>138 |
| $^{137}Cs$ | 0,59 | 3,19 | $1,1\cdot10^{4}$ | Все тело | 1,0 | 0,75 | 70 |
| $^{226}Ra$ | 110 | 9,36 | $5,9\cdot10^{5}$ | Все тело | 0,3 | 0,4 | $8,1\cdot10^{3}$ |
| $^{90}Sr$ | 1,1 | 2,94 | $1\cdot10^{4}$ | Скелет | 0,3 | 0,12 | $1,8\cdot10^{4}$ |
| $^{235}U$ | 46 | 0,51 | $2,6\cdot10^{11}$ | Все тело<br>Кости<br>Почки | $1\cdot10^{4}$<br>$0,1\cdot10^{-5}$<br>$1,1\cdot10^{-5}$ | 0,25<br>0,028<br>0,028 | 100<br>300<br>15 |

*Экспозиционная доза*

Экспозиционная доза является качественной характеристикой фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения), она определяется по ионизации воздуха, т.е. когда поглощенная энергия в некотором объеме воздуха равна суммарной кинетической энергии электронов и позитронов, образованных фотонным излучением в том же объеме.

Непосредственно измеряемой физической величиной при определении экспозиционной дозы γ-излучения является электрический заряд ионов одного знака, образованных в воздухе за время облучения:

$D_{эксп} = Q / m$ , (1.3)

где $D_{эксп}$ - экспозиционная доза, Кл/кг;

Q - полный заряд ионов одного знака, Кл;

m - масса объема воздуха, кг.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р), 1 Р = 0,285 мКл/кг.

*Поглощенная доза*

Поглощенная доза характеризует изменения, происходящие в облучаемом веществе (воздухе, воде, дереве, железе и т.д.). Поглощенная доза - это энергия, передаваемая веществу массой в одну единицу:

$D_{погл} = E / m$ , (1.4)

где $D_{погл}$ - поглощенная доза, Дж/кг;

E - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом, Дж;

m - масса облучаемого вещества, кг.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Гр (грей): 1 Гр = 1 Дж/кг.

В практике часто используется специальная единица поглощенной дозы - рад. Один рад соответствует такой поглощенной дозе, при которой количество энергии, выделяемой одним граммом любого вещества, равно 0,01 Дж, т.е. 1рад = 0,01 Дж/кг =0,01Гр .

Поглощенная доза связана с экспозиционной дозой следующим соотношением:

$D_{погл} = D_{эксп} \cdot K_1$ , (1.5)

где $K_1$ - коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества (воздух, вода и т.п.), т.е. учитывающий отношение энергии, поглощенной данным веществом, к электрическому заряду ионов, образованных в воздухе такой же массы.

При экспозиционной дозе в 1 Р энергия γ-излучения, расходуемая на ионизацию 1 г воздуха, равна 0,87 рад, т.е. для воздуха $K_1$ = 0,87 рад/Р = 0,87 ·0,01 Дж/кг = 0,87 ·0,01 Гр/Р .

В целом для организма человека при облучении от γ-источника коэффициент $K_1$ = 1 рад/Р = 0,01 Гр/Р.

*Эквивалентная доза*

Эквивалентная доза учитывает не только энергию, передаваемую веществу, но и те биологические эффекты, которые производит проникающая радиация в теле человека: $D_{экв} = D_{эксп} \cdot K_1 \cdot K_2$ , (1.6)

где $D_{экв}$ - эквивалентная доза, Зв;

$K_2$ - коэффициент качества облучения.

Для рентгеновского и γ излучения коэффициенты $K_1$ = 1 рад/Р, $K_2$ = 1 бэр/рад.

*Мощность дозы и доза*

Мощность экспозиционной, поглощенной или эквивалентной дозы $\dot{D}$ характеризуется дозой, полученной в единицу времени, т.е. $\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}$ (1.7)

где Δ D - приращение дозы за промежуток времени Δ t.

Мощность экспозиционной дозы $\dot{D}_{эксп}$ измеряется в системе СИ в Кл/(кг· с) ; внесистемными единицами являются Р/с, Р/ч, мР/ч, мкР/ч и др.

Мощность поглощенной дозы $\dot{D}_{погл}$ в системе СИ измеряется в Гр/с, мкГр/с, аГр/с и т.д.

Мощность эквивалентной дозы $\dot{D}_{экв}$ измеряется в системе СИ в Зв/с, мЗв/ч, мкЗв/ч; внесистемными единицами являются бэр/с, бэр/ч и т.д.

Для измерения мощности дозы применяются различные приборы, имеющие ионизационные камеры, камеры с люминесцирующим веществом, химические системы и др.

По измеренным значениям мощности дозы можно определить годовую эквивалентную дозу облучения (если мощность дозы не меняется во времени):

$$D_{экв\,год} = \dot{D}_{экв} \cdot t\,, \qquad (1.8)$$

где t - время воздействия ионизирующего излучения.

Для измерения дозы ионизирующего излучения применяются приборы - дозиметры. Сравнительная простота измерения ионизации воздуха привела к тому, что большинство дозиметрических приборов фиксируют экспозиционную дозу.

Условия безопасной работы с радиоактивными веществами регламентированы Нормами радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87.

Радиационному воздействию могут подвергаться не только лица, непосредственно работающие с радиоактивными веществами, но и население, поэтому нормами НРБ-76/87 установлены предельно допустимые уровни облучения в зависимости от категории облученных лиц и группы критических органов.

ПДД для категории А (профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучения) составляет 5 Р/год.

*Определение доз облучения от точечных источников гамма-излучения*

Величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника прямо пропорциональна активности радионуклида и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Кроме этого, разные радионуклиды при одинаковой активности создают разную величину экспозиционной дозы, что учитывается гамма-постоянной:

$$\dot{D}_{эксп} = \frac{K_\gamma \cdot A}{R^2}, \qquad (1.9)$$

где $\dot{D}_{эксп}$ - мощность экспозиционной дозы, Р/ч;

$K_\gamma$ - гамма-постоянная радионуклида, Р·см $^2$ / (ч ·мКu) табл. 1.1;

A - активность радионуклида, мКu;

R - расстояние от точечного радионуклида до места измерения, см.

Мощность дозы, а следовательно и доза, уменьшаются с увеличением квадрата расстояния (по зависимости 1.9), поэтому требуемое расстояние $R_{пдд}$ (м) можно вычислить по отношению

$$R_{пдд} = \sqrt{\frac{\dot{D}_{экв} \cdot R^2}{ПДД}}\,, \qquad (1.10)$$

*Определение уровня риска от облучения*

Уровень риска это вероятность неожиданных последствий какого либо действия за определенный период времени. При ионизирующем облучении количественной мерой уровня риска является вероятность заболевания или гибели человека. Воздействие ионизирующего излучения на человека, в этом случае, принимается беспороговым, т.е. чем больше доза облучения, тем выше риск заболевания.

Для персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений (категории А), при дозе облучения равной предельно допустимой (5 бэр/год) значение уровня риска принято равным $r_a = 8{,}25 \cdot 10^{-4}$ (чел ·год) $^{-1}$. Это значит, что в течение года восемь человек из 10 000 заболеют.

Уровень риска $r = 1 \cdot 10^{-3}...1 \cdot 10^{-2}$ (чел · год)$^{-1}$ считается высоким, а $r > 1 \cdot 10^{-2}$ - исключительно высоким.

Безопасным уровнем риска для работников атомной промышленности считается $r_{а.без} = 1 \cdot 10^{-4}$ (чел · год) $^{-1}$, для населения (категории Б) $r_{б.без} = 1 \cdot 10^{-5}$ (чел · год) $^{-1}$.

При облучении всего организма человека уровень риска рассчитывается по формуле:

$$r = 1{,}65 \cdot 10^{-2} \cdot D_{экв\ год}\,, \qquad (1.11)$$

где r - уровень риска от облучения человека, (чел · год) $^{-1}$;

$D_{экв\ год}$ - годовая эквивалентная доза облучения всего человека, Зв/год;

$1{,}65 \cdot 10^{-2}$ - уровень риска при облучении всего тела человека и получении эквивалентной дозы 1 Зв/год.

*Определение доз внутреннего облучения от гамма-излучающих радионуклидов*

Радиоактивные вещества могут поступать в организм человека при вдыхании воздуха, загрязненного

радиоактивными веществами, через желудочно-кишечный тракт, а также через кожу. Из-за большого объема легочной вентиляции (20 м$^3$/сут) и более высокого коэффициента усвоения наиболее опасен первый путь. Количество радионуклидов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь, зависит от его вида, например, цирконий Zr и ниобий Nb практически не поступают в кровь (коэффициент резорбции составляет доли процента), висмут Bi - 1%, барий Ba - 5%, кобальт Co и стронций Sr - до 30%, водород и щелочно-земельные вещества - 100%.

Поступления в кровь через неповрежденную кожу в 200-300 раз меньше, чем через желудочно-кишечный тракт. Исключение составляет изотоп водорода - тритий, легко проникающий в кровь через кожу.

По характеру распределения в организме радиоактивные вещества условно разделяются на три группы: равномерно распределяющиеся в организме, отлагающиеся преимущественно в скелете и концентрирующиеся в печени (см. таблицу 1.1). Особое место занимает радиоактивный йод, который селективно отлагается в щитовидной железе.

Мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении в общем виде определяется выражением

$$\dot{D}_{экв.вн} = 2{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{уд} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2, \qquad (2.1)$$

где $\dot{D}_{экв.вн}$ - мощность эквивалентной дозы в рассматриваемом органе или ткани при внутреннем облучении человека, Зв/ч;

$A_{уд}$ - удельная активность радионуклида в рассматриваемом органе человека, Бк/кг;

$K_{\gamma}$ - гамма-постоянная радионуклида, Р ·см $^2$/(ч ·мКu) табл. 1.1;;

$\rho$ - плотность ткани, ( $\rho$ = 1 г/см $^3$);

g - геометрический фактор, см;

$K_1$ - коэффициент перевода единицы экспозиционной дозы в единицу поглощенной дозы, ($K_1$ = 0,01 Гр/Р);

$K_2$ - коэффициент качества облучения, ($K_2$ = 1 Зв/Гр).

Удельная активность радионуклида $A_{уд}$, Бк/кг рассчитывается по формуле $A_{уд} = \frac{A \cdot f}{m}$,

(2.2)

где А - активность единичного поступления радионуклида в организм человека, Бк; A=mr· Ai (2.3)

mr – масса радионуклида (кг); Ai – активность радионуклида (Ku/кг)

f - коэффициент метаболизма, доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган (см. таблицу 1.1);

m - масса всего тела человека (если радионуклид распространяется по всему телу) или масса органа человека, куда поступает радионуклид, кг.

Годовую дозу внутреннего облучения следует определять с учетом эффективного периода полувыведения нуклидов из организма

$$T_{эф} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{B/2}}{T_{1/2} + T_{B/2}}, \qquad (2.4)$$

где $T_{эф}$ - эффективный период полувыведения, сут;

$T_{1/2}$ - период полураспада изотопа, сут;

$T_{B/2}$ - период полувыведения из организма, т.е. время, в течение которого из организма выводится половина имеющегося радиоактивного вещества, сут .

$$D_{экв.вн} = \dot{D}_{экв.вн} \cdot 365 \cdot 24 \quad \text{при } T_{эф} \geq 365 \text{ сут}, \qquad (2.5)$$

$$D_{экв.вн} = \dot{D}_{экв.вн} \cdot T_{эф} \cdot 24 \quad \text{при } T_{эф} < 365 \text{ сут}, \qquad (2.6)$$

где $D_{экв.вн}$ - эквивалентная годовая доза внутреннего облучения, Зв/год;.

$\dot{D}_{экв.вн}$ - мощность эквивалентной дозы внутреннего облучения, Зв/ч;

365· 24 - количество часов облучения в год, ч/год.

*ПДД годовой эквивалентной дозы внутреннего облучения составляет* 0,05 Зв/год

Практическая часть.

При решение задач обратите внимание на единицы измерения исходных данных.

Задание 1. Оценить опасность облучения оператора гамма-излучением от точечного источника, находящегося на расстоянии R от рабочего места. Вид и активность радионуклида, а также расстояние R выбрать из таблицы 1.2. по варианту. Время работы оператора 36 ч в неделю (1700 ч в год).

Таблица1.2 – Варианты заданий

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид радионуклида | $^{60}$Co | $^{90}$Sr | $^{131}$J | $^{137}$Cs | $^{236}$U | $^{60}$Co | $^{90}$Sr | $^{131}$J | $^{137}$Cs | $^{236}$U |
| Активность А, | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| мКu | | | | | | | | | | |
| Расстояние R, м | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |

Указания к решению задачи

1. Рассчитайте активность единичного поступления радионуклида в организм человека (перевести в беккерель);
2. Рассчитайте удельную активность радионуклида;
3. Рассчитайте мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении;
4. Определите эффективного периода полувыведения нуклидов из организма;
5. Определите годовую эквивалентную дозу внутреннего облучения, Зв/год
6. Сравните полученное значение годовой эквивалентной дозы внутреннего облучения с ПДД , и сделайте вывод: во сколько раз доза выше или ниже ПДД.

Контрольные вопросы

1. Что такое ионизирующее излучение?
2. Что представляют собой радионуклиды?
3. Что такое активность радионуклидов? Единицы измерения.
4. Что такое период полураспада? Чему он может быть равен?
5. Что такое экспозиционная доза, как она определяется?
6. Что характеризует поглощенная доза?
7. Какие параметры учитывает эквивалентная доза?
8. Какие приборы применяются для измерения дозы ионизирующего излучения?
9. Чему равна величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника?
10. Как определяется уровень риска при ионизирующем излучении? Что является количественной мерой уровня риска?
11. Как радиоактивные вещества могут поступать в организм человека? Какой путь наиболее опасен?
12. На какие группы разделяются радиоактивные вещества по характеру распределения в организме?

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» выполняется по варианту, номер которого определяется в соответствии с цифрой учебного шифра и состоит из решения одной задачи.

Оценить соответствуют ли параметры микроклимата на рабочем месте требованиям СанПиН 2.2.4.548-96, если фактические параметры соответственно равны: температура рабочей зоны – $t_{рз}$,°С; относительная влажность – *w*, %; скорость движения воздуха – *V*, м/с; энергозатраты на выполнение работ – *Эз*, Вт; температура наружного воздуха – $t_{н}$.,°С; продолжительность пребывания на рабочем месте *T,* в часах. Предложить мероприятия по обеспечению здоровых и безопасных условий труда. Варианты исходных данных для выполнения задачи даны в табл. 1.

Таблица 1. Варианты исходных данных

| Вариант | Рабочее место | $t_{рз}$, $^0$С | w, %; | V, м/с | Эз, Вт | $t_{н}$., $^0$С | Т, ч |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Шлифование стен | 22 | 75 | 0,1 | 245 | -2 | 4,5 |
| 2 | Малярные работы | 24 | 65 | 0,2 | 230 | +10 | 8 |
| 3 | Внутренние отделочные работы | 19 | 62 | 0,3 | 193 | -12 | 7 |
| 4 | Оператор каменно - дробильной установки | 18 | 74 | 0,4 | 215 | +6 | 5 |
| 5 | Водитель КамАЗа | 23 | 56 | 0,5 | 234 | +2 | 3,5 |
| 6 | Водитель землеройно-транспортной машины | 26 | 73 | 0,1 | 198 | +18 | 4 |
| 7 | Газосварщик | 26 | 58 | 0,2 | 270 | -7 | 2,5 непрерывно |
| 8 | Оператор экскаватора | 28 | 50 | 0,3 | 200 | -25 | 1,5 непрерывно |
| 9 | Насосная станция 1-го подъема | 26 | 68 | 0,4 | 180 | -11 | 5 |
| 10 | Хлораторная воды | 18 | 72 | 0,5 | 176 | +20 | 5,5 |
| 11 | Монтажник | 27 | 60 | 0,1 | 249 | -22 | 7,5 |
| 12 | Насосная станция 2-го подъема | 20 | 66 | 0,2 | 179 | -15 | 2 с перерывами |
| 13 | Электрик | 25 | 74 | 0,3 | 238 | +15 | 6,5 |
| 14 | Учетчик камеральных работ | 30 | 68 | 0,4 | 145 | -28 | 8 |
| 15 | Крановщик | 25 | 72 | 0,5 | 256 | +16 | 4,5 с перерывами |
| 16 | Внутренние электросварочные работы | 20 | 67 | 0,1 | 190 | +25 | 2 непрерывно |
| 17 | Шофер ремонтно-строительной машины | 24 | 69 | 0,2 | 175 | -17 | 4 |
| 18 | Внутренние отделочные работы на лесах | 22 | 71 | 0,3 | 282 | +30 | 3 с перерывами |
| 19 | Штукатур | 28 | 75 | 0,4 | 230 | -29 | 2 непрерывно |
| 20 | Рабочий по приготовлению мастики | 21 | 50 | 0,5 | 225 | +1 | 6 с перерывами |

Указания к выполнению:

1. Определить категорию тяжести работ.

Определить оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

2. Сделать выводы и дать рекомендации по нормализации параметров.
3. Ответ оформить с пояснениями, расчетами, заключением и рекомендациями.

## 3 Методические указания для выполнения курсовой работы

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выполнение курсовой работы ведется в соответствии с утвержденным графиком и завершается не позднее, чем за три недели до начала экзаменационной сессии.

Общий объем работы – 20-35 страниц машинописного текста, включая рисунки, схемы, список литературы т.п.

Формой отчетности является защита курсовой работы в специально отведенное для этого время.

При оценке работы учитывается общая подготовленность студента, его самостоятельность и инициатива при выполнении работы, умение доложить полученные результаты и дать обоснованное заключение.

### 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна включать в себя: 1) титульный лист; 2) содержание; 3) введение; 4) основная часть с расчетом; 5) заключение; 6) список использованной литературы; 7) приложения (если есть).

Содержание включает наименования всех разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала раздела (подраздела, пунктов).

Номера подразделов в содержании должны быть смещены вправо относительно номеров разделов.

Наименование разделов необходимо писать с прописной буквы. Содержание включает все заголовки, имеющиеся в курсовой работе.

Если в тексте курсовой работы употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения, то их перечень необходимо представить в виде списка на отдельном листе после содержания.

Во введении обосновывается актуальность изучаемой темы, приводятся цель, задачи и используемые методы.

Основная часть курсовой работы посвящена подробному исследованию заданной студенту темы и сопровождается схемами, таблицами, расчетами, предложениями по улучшению условий труда. В основной части необходимо отразить правовые и нормативные документы применительно к заданию, сделать аналитический обзор литературы по теме задания.

В заключении формулируются основные выводы по проработанной теме, ее значение в обеспечении безопасных условий труда.

Список использованной литературы должен содержать пронумерованный перечень источников, использованных в курсовой работе в алфавитном порядке.

В приложения включаются вспомогательные материалы (схемы, таблицы)

Ниже приведен план курсовой работы.

Тема работы: «Гигиеническая оценка электромагнитных излучений»

1 Введение
2 Общая характеристика электромагнитных полей и волн.
2.1. Электрические поля
2.2. Магнитные поля
3 Источники электромагнитных полей
4 Воздействие электромагнитных полей на организм человека.
5 Гигиеническое нормирование электромагнитных полей.
6 Средства коллективной защиты от электромагнитных полей.
7 Средства индивидуальной защиты от электромагнитных полей.
8 Расчетная часть
9 Заключение
10 Список использованной литературы

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется на листах бумаги формата А4. Текст печатается через один интервал на одной стороне листа. По четырем сторонам листа формата А4 должны быть оставлены поля.

Размеры полей на листах бумаги: левое – 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 15 мм.

Абзацы в тексте начинаются отступом в 15 мм. Текст основной части работы делится на разделы, подразделы, при необходимости на пункты. Страницы курсовой работы нумеруют арабскими цифрами.

Титульный лист включают в общую нумерацию работы. На титульном листе номер не ставят. На последующих листах его проставляют в правом верхнем углу.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаются арабскими цифрами без точки в конце. Иллюстрации (кроме таблиц) обозначают словом «Рисунок», нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела.

Номер иллюстрации помещают перед ее заголовком. Если в работе содержится лишь одна иллюстрация, то ее тоже нумеруют и обозначают: «Рисунок 1».

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу перед ее заголовком помещается надпись «Таблица» с указанием номера таблицы. Номер должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например, «Таблица 1.2» (вторая таблица первого раздела).

Ссылки в тексте на литературные источники приводятся указанием порядкового номера по списку источников, выделяемого квадратными скобками.

Ссылки на иллюстрации даются порядковым номером иллюстрации, например: рисунок 1.2. Ссылки на формулы и уравнения указываются их порядковым номером в скобках. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При этом слово «Таблица» в тексте пишется с ее названием, если таблица не имеет номера; и сокращенно, если имеется номер, например: «.... в таблице 1.3».

*Изложение текста*

Сокращение слов в тексте не допускается, за исключением общепринятых в русском языке по ГОСТ 7.12.

Сокращать наименование единиц физических величин разрешается только после численного значения величин и в заголовках граф, наименованиях строк таблиц, а также в пояснениях обозначений величин к формулам.

Расчеты выполняются согласно варианту задания

**Задание 1.** При обслуживании распределительной станции напряжением 500 кВ обслуживающий персонал подвергается воздействию электромагнитного поля промышленной частоты. Значения напряженности ЭМП в зонах А, Б и В (соответственно $E_A$ , $E_Б$ и $E_В$) приведены таблице. Время нахождения людей в этих зонах $t_A$, $t_Б$ и $t_В$ также приведены в таблице. Требуется рассчитать допустимое время нахождения людей в этих зонах ( $T_A$, $T_Б$, $T_В$), определить возможность выполнения одним человеком последовательно нескольких работ в зонах А, Б и В в течение времени $t_A$, $t_Б$ и $t_В$.

Таблица 3.1 Значения напряженности электрического поля в зонах А, Б и В и время нахождения людей в этих зонах

| Наименование параметров | Вариант | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| $E_A$, кВ/м | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $E_Б$ кВ/м | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| $E_В$ кВ/м | 25 | 22 | 20 | 151 | 5 | 10 | 15 | 20 | 22 | 25 |
| $t_A$, ч | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 |
| $t_Б$, ч | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| $t_В$, ч | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 | 0,2 |

**Задание 2.** Определить напряженность электрического поля от высоковольтной линии электропередачи и допустимое время пребывания в ЭП. Сравнить с нормативным значением. Сделать вывод. Исходные данные для расчета приведены в таблице. Число проводов в фазе принять равным 3.

| Номер варианта | Фазное напряжение U, кВ | Расстояние между фазными проводами r, м | Радиус провода $r_{пр}$, м | Расстояние между проводами одной фазы $\alpha_р$, м | Расстояние от провода до человека r, м |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 500 | 10 | 12 | 0,4 | 10 |
| 2 | 330 | 6 | 6 | 0,2 | 8 |
| 3 | 750 | 12 | 16 | 0,5 | 15 |
| 4 | 500 | 8 | 14 | 0,3 | 12 |
| 5 | 330 | 6 | 8 | 0,3 | 10 |
| 6 | 750 | 15 | 16 | 0,6 | 10 |
| 7 | 500 | 10 | 10 | 0,3 | 8 |
| 8 | 500 | 12 | 12 | 0,5 | 6 |
| 9 | 750 | 16 | 12 | 0,5 | 13 |
| 0 | 330 | 8 | 8 | 0,2 | 5 |

**Задание 3.** Выполните расчет эффективности экранирования электромагнитного излучения. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | *E*=50 В/м, *H*=10 А/м, *ППЭ*=12 Вт/м$^2$; $E_0$=70 В/м, $H_0$=20А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 6 | *E*=60 В/м, *H*=18 А/м, *ППЭ*=17 Вт/м$^2$; $E_0$=87 В/м, $H_0$=29А/м; $ППЭ_0$=41Вт/м$^2$. |
| Вариант 2 | *E*=55 В/м, *H*=11 А/м, *ППЭ*=14 Вт/м$^2$; $E_0$=80 В/м, $H_0$=25А/м; | Вариант 7 | *E*=65 В/м, *H*=17 А/м, *ППЭ*=21 Вт/м$^2$; $E_0$=93 В/м, $H_0$=31А/м; |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *ППЭ*$_0$=40Вт/м$^2$. | | *ППЭ*$_0$=43Вт/м$^2$. |
| Вариант 3 | *Е*=60 В/м, *Н*=14 А/м, *ППЭ*=12 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=83 В/м, *Н*$_0$=28А/м; *ППЭ*$_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 8 | *Е=67* В/м, *Н*=9 А/м, *ППЭ*=24 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=102 В/м, *Н*$_0$=19А/м; *ППЭ*$_0$=50Вт/м$^2$. |
| Вариант 4 | *Е*=59 В/м, *Н*=17 А/м, *ППЭ*=15 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=85 В/м, *Н*$_0$=22А/м; *ППЭ*$_0$=45Вт/м$^2$. | Вариант 9 | *Е*=65 В/м, *Н*=12 А/м, *ППЭ*=21 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=91 В/м, *Н*$_0$=27А/м; *ППЭ*$_0$=55Вт/м$^2$. |
| Вариант 5 | *Е*=57 В/м, *Н*=15 А/м, *ППЭ*=20 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=75 В/м, *Н*$_0$=30А/м; *ППЭ*$_0$=37Вт/м$^2$. | Вариант 10 | *Е*=63 В/м, *Н*=11 А/м, *ППЭ*=19 Вт/м$^2$; *Е*$_0$=89 В/м, *Н*$_0$=29А/м; *ППЭ*$_0$=52Вт/м$^2$. |

## 4 Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентов

Ознакомиться с теоретической частью и ответить на контрольные вопросы.

Вопросы и задания составлены в соответствии разделами и темами рабочей программы учебной дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» для удобства при самостоятельной подготовке студентов к учебным занятиям.

Теоретическая часть

### 1 Введение в дисциплину. Человек и производственная среда.

Цель изучения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» – идентификация и оценка уровней воздействия вредных производственных факторов, а также обоснование необходимости применения технических средств и методов защиты работающих для сохранения здоровья и работоспособности.

Производственная санитария (от лат. sanitos – здоровье) – это система организационных, санитарно–гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ 12.0.002–14* «ССБТ. Термины и определения»).

Санитария - применение на практике (внедрение) мероприятий, разработанных гигиеной, которые направлены на улучшение здоровья населения, оздоровление окружающей среды и продление жизни человека.

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (от греч. hygyieinos – здоровый). Таким образом, санитария и гигиена происходят от одного и того же слова – здоровье. Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков (определение ВОЗ).

Гигиена труда – дисциплина, изучающая трудовую деятельность работающих и производственную среду с точки зрения их возможного влияния на организм работающих и разрабатывающая меры, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

Предметом исследования гигиены труда являются санитарно-гигиенические условия труда. Основной задачей гигиены труда является предупреждение воздействия неблагоприятных факторов на здоровье и трудоспособность работников.

Гигиена труда использует различные методы исследования:

- экспериментальные, методы санитарного, лабораторного обследования и физико-химические методы для исследования условий труда на производстве и оценки эффективности оздоровительных мероприятий;
- физиологические методы(наблюдения) для исследования изменений в организме под влиянием условий труда;
- статистические методы для изучения заболеваемости и травматизма работающих.

Гигиена труда изучает: формы и методы организации труда и отдыха; состояние организма в процессе трудовой деятельности, характер и особенности рабочих движений, положений тела при работе; инструменты и орудия труда, применяемое сырье, технологию процессов, техническое оборудование; готовые и промежуточные продукты, отходы производства с точки зрения их воздействия на работающих и окружающее население; физические, химические и биологические факторы производственной среды и физиологические изменения у работающих под влиянием этих факторов и трудовых процессов. Наряду с практическими мероприятиями по оздоровлению условий труда гигиена труда разрабатывает и научные основы для регламентирования санитарных условий труда на производстве.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной

базой для производственной санитарии.
Производственная санитария тесно связана со специальными технологическими дисциплинами и организацией производства, а также с медицинскими основами охраны труда (охраной труда, физиологией, психологией труда, эргономикой, безопасностью жизнедеятельности и др.).
Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.
Безопасность жизнедеятельности – это наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека и окружающей среды.
Эргономика — научная дисциплина, комплексно изучающая закономерности взаимодействия человека с техническими средствами. Т.е. наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения анатомии, антропологии, физиологии, психологии и гигиены в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов и производственного оборудования, наиболее соответствующих требованиям человеческого организма.
Совместимость человека с машиной определяется его антропометрической, сенсомоторной, энергетической (биомеханической) и психофизиологической совместимостью.
Антропометрическая совместимость предполагает учет размеров тела человека, возможность обзора внешнего пространства, положения (позы) оператора в процессе работы.
Сенсомоторная совместимость предполагает учет скорости двигательных (моторных) операций человека и его сенсорных реакций на различные виды раздражителей (световые, звуковые и др.) при выборе скорости работы машины и подачи сигналов.
Энергетическая (биомеханическая) совместимость предполагает учет силовых возможностей человека при определении усилий, прилагаемых к органам управления.
Психофизиологическая совместимость должна учитывать реакцию человека на цвет, цветовую гамму, частотный диапазон подаваемых сигналов, форму и другие эстетические параметры машины.
Физиология труда – раздел медицины, изучающий функционирование человеческого организма во время трудовой деятельности (утомляемость, работоспособность, установление оптимальных режимов труда).

## 2 История развития гигиены труда и ПС

Гигиена труда, как самостоятельная научная дисциплина, сформировалась в начале XX столетия, хотя истоки её формирования относятся к периодам истории Древней Греции и Рима. Так, Гиппократ (460–377 гг. до н. э.) писал о болезнях рудокопов, Гален (ок. 200–130 гг. до н. э.) – о поражённых пылью свинца, Плиний Старший ( I в. до н. э.) – об отравлениях ртутью и серой.
В XVI в. швейцарский врач и химик Парацельс (1493– 1541) и немецкий врач, геолог и металлург Георгий Агрикола (1494–1555) описали заболевания горняков под названием «Чахотка горняков, каменотёсов, литейщиков». В труде Парацельса «О чахотке и других заболеваниях горнорабочих» показана клиника заболевания, которое сопровождалось лихорадкой, одышкой, кашлем. Ему принадлежит изречение, которое можно рассматривать как идею принципа нормирования, а именно: «Всё есть яд, и всё есть лекарство. Только одна доза делает вещество ядом или лекарством».
Период Средних веков (конец V—XIV вв.) характеризуется полным упадком личной и общественной гигиены. Постоянные войны и низкий культурный и материальный уровень населения служили благоприятной почвой для развития эпидемий.

Вспышки оспы, холеры, тифов, массовое распространение проказы, кожных, венерических и глазных болезней были характерным явлением для того времени. Пандемия чумы в XIV в., известная под названием «черной смерти», унесла около 25 млн. человек. Однако многие средневековые врачи высказывали ценные мысли в отношении гигиены.

Признанным основоположником профессиональной патологии является итальянский врач, профессор медицины, ректор Падуанского университета Бернардино Рамаццини (1633–1714). В 1700 г. им была издана книга «О болезнях ремесленников (рассуждения)», в которой были описаны болезни шахтёров, позолотчиков, химиков, кузнецов и других ремесленников (более 50 профессий) и представлены в систематизированном виде вопросы гигиены труда в разнообразных профессиях.

Тема охраны труда рабочих в России нашла своё отражение в трудах М.В. Ломоносова, А.Н. Никитина, Д.П. Никольского и др. В трактате «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763) М.В. Ломоносов указывал на необходимость создания безопасных условий труда «горных людей» путём укрепления горных выработок, вентиляции шахт, удаления подземных вод. В трактате были освещены также вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний.

Автор первой книги по гигиене труда «Болезни рабочих с указанием предохранительных мер» А.Н. Никитин (1793–1858), описавший условия труда 120 рабочих профессий, признается основоположником гигиены труда в России.

Важное место в развитии гигиены труда занимает один из основоположников отечественной гигиены А.П. Доброславин (1842–1889). Его рассуждения о необходимости изучения всех факторов трудового процесса, которые могут оказать влияние на здоровье и работоспособность человека, в полной мере соответствуют научным представлениям сегодняшнего дня. Он описал условия труда на табачных фабриках, в шахтах, кессонах, клинику пневмокониозов различной этиологии, отравлений свинцом и сероводородом.

Под руководством первого профессора гигиены Московского Императорского университета Ф.Ф. Эрисмана (1842–1915) в конце XIX столетия группа земских санитарных врачей (Дементьев Е.М., Погожев А.В. и др.) осуществляет санитарное обследование предприятий Московской губернии, в результате которого публикуется многотомный труд под его редакцией. Книга Ф.Ф. Эрисмана «Профессиональная гигиена, или гигиена умственного и физического труда» (1877) по праву считается первым в России оригинальным изданием по гигиене труда.

В развитие гигиены труда внес существенный вклад Г.В. Хлопин (1863–1929). Под его руководством выполнены крупные экспериментальные работы по действию промышленных ядов на организм, физиологии труда (энерготраты), гигиене труда и профессиональной патологии в химической и горнорудной промышленностях.

В послевоенной России вопросы гигиены труда получают своё дальнейшее развитие. Уже на 4–й день после взятия большевиками власти был принят декрет о восьмичасовом рабочем дне и ежегодных отпусках. В 1918 г. утверждается первый «Кодекс законов о труде». В 1919 г. формируется Государственная промышленно–санитарная инспекция. По инициативе крупнейших ученых и организаторов здравоохранения создаются научно–исследовательские учреждения по охране и гигиене труда: в 1923 г. в Москве – Институт по изучению профессиональных заболеваний (Обух В.А.), ныне НИИ медицины труда РАМН,

в этом же году в Харькове – Украинский институт рабочей медицины, в 1924 г. в Петрограде – Институт по изучению профессиональных болезней, в 1925 г. – Государственный научный институт охраны труда (Левицкий В.А., Каплун С.И.).

В 1933 г. правительством и ЦИК было принято постановление «Об организации государственной санитарной инспекции» с после – дующим развертыванием сети комплексных санитарно–эпидемиологических учреждений – санитарно–эпидемиологических станций (СЭС).

В развитии промышленной токсикологии важное место занимают работы Н.С. Правдина и Н.В. Лазарева.
Н.С. Правдин (1882–1954) – основатель школы промышленных токсикологов в СССР. Им впервые была разработана программа обоснования предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воздухе промышленных предприятий. Его работы посвящены изучению механизмов действия промышленных ядов, он указывал на необходимость изучения комбинированного действия химических веществ, им впервые дана классификация промышленных ядов.
Н.В. Лазарев (1895–1974) показал значение физико– химических свойств веществ в их токсичности, степени потенциальной опасности промышленных ядов. Он первый в СССР при определении токсичности новых химических веществ предложил использовать расчетные методы. Его справочник «Вредные вещества в промышленности» многократно переиздавался на протяжении 30 лет.
Проблемам производственного микроклимата были посвящены исследования Г.Х. Шахбазяна, М.Е. Маршака, А.Е. Малышевой и др. Были проведены глубокие исследования по изучению механизмов перегревания и охлаждения в нагревающем и охлаждающем микроклиматах, разработка теплозащитных технических мероприятий, средств индивидуальной защиты (СИЗ). В последние годы научные исследования по уточнению отдельных положений в научной концепции теплообмена работающего осуществляются под руководством Р.Ф. Афанасьевой (НИИ медицины труда РАМН).
А.А. Летавет (1893–1984) – основоположник промышленной радиационной гигиены. Под его руководством проведено первое изучение условий труда при работе с радиоактивными веществами, разработаны первые санитарные правила и нормативы в этой области. А.А. Летавет – руководитель с 1948 по 1971 гг. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. По существу, многие годы он руководил программой научных исследований в СССР в области гигиены труда. Он соавтор первого руководства по гигиене труда, соавтор учебника (1946), основатель журнала «Гигиена труда и профзаболевания», главным редактором которого он был более 25 лет (ныне журнал «Медицина труда и промышленная экология»).
3 Классификация опасных и вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и/или отрицательному влиянию на здоровье потомства.
Опасные производственные факторы (ОПФ) – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти..
В зависимости от экспозиции вредный фактор может стать опасным и привести к травме. Экспозиция – количественная характеристика интенсивности и продолжительности действия вредного фактора. Например: шум с уровнем более в 75 дБ приводит к неврите слухового нерва, шум с уровнем воздействия 130–150 дБ приводит к разрыву барабанных перепонок.
Рассмотрим в качестве примера воздействие на работающего расплавленного металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие, возникает термический ожог – это приводит к тяжелой травме. В этом случае мы имеем дело с опасным производственным фактором (по определению). Если же человек, постоянно работая с расплавленным металлом, находится под действием лучистой теплоты, излучаемой этим источником, то под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Кроме того, действие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения – приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие расплавленного металла на организм работающего является вредным производственным фактором.

Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека подразделяют на:
- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- Факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного (одиночного и/или практически мгновенного) относительно высокоинтенсивного воздействия.

Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека подразделяют на: - Факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- Факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные факторы в зависимости от характера воздействия подразделяются на:
- активные - проявляющиеся благодаря заключенной в них энергии (ионизирующие излучения, вибрация и т.п.);
- активно-пассивные - проявляющиеся благодаря энергии, заключенной в самом человеке (примером могут служить опасности скользких поверхностей, работы на высоте, острых углов и плохо обработанных поверхностей оборудования и т.п.).
- пассивные - проявляющиеся опосредствованно, как например, усталостное разрушение материалов, образование накипи в сосудах и трубах, коррозия и т.п.

Активные факторы могут, таким образом быть классифицированы по виду связанной с ними энергии. ГОСТ 12.0.003-2015. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» является основным документом с точки зрения рассмотрения вредных производственных факторов. (введен взамен ГОСТ 12.0.003-74)

Согласно этому ГОСТ ОПиВПФ делятся:

1. По характеру происхождения

1. факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды; Физические факторы – аэрозоли (пыли), шум, инфразвук, ультразвук; вибрация; электромагнитные излучения (лазерное и ультрафиолетовое), ионизирующие излучения, параметры микроклимата, параметры световой среды, невесомость, действия силы тяжести (падения с высоты) .
2. факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;
   Химические факторы – химические вещества, смеси, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), полученные химическим синтезом и (или) для контроля содержания которых используют методы химического анализа;
3. факторы, порождаемые биологическими свойствами микроорганизмов, находящихся в биообъектах и (или) загрязняющих материальные объекты производственной среды;
   Биологические факторы – микроорганизмы– продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы – возбудители инфекционных заболеваний.
4. факторы, порождаемые поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ (укусы, ужаливания, выброс ядовитых или иных защитных веществ и т.п.);
5. факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);
6. факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и

особенностями человеческого организма и личности работающего Психофизиологические ОиВПФ : физические перегрузки (статические, связанные с рабочей позой и динамические - масса подним. груза, стереотипность операций) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение и перенапряжение анализаторов слуха, зрения). Особ лич(плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического опьянения, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).

2. По характеру изменения во времени (постоянные, переменные, импульсные)
3. По характеру действия во времени (постоянно или периодически действующие)
4. По характеру действия в пространстве (локализованные в источнике, распространяющиеся вместе с движением воздуха, через производственную среду и т.п)
5. По характеру пространственного распределения (пространственно распределенные; взвешенные или растворенные в воздухе, жидкости).
6. По непосредственности воздействия (непосредственно и опосредовательно воздействующие)
7. По характеру взаимного действия при многофакторном воздействии на организм человека (независимо, суммарно действующие, действие как противоположности и как система)
8. По характеру обнаружения организмом человека (обнаруживаемые и не обнаруживаемые органами чувств человека)

4 Санитарное законодательство

Правовые основы производственной санитарии

Санитарное законодательство – совокупность законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния факторов среды обитания. Применительно к производственным условиям оно является частью законодательства об охране труда и направлено на сохранение здоровья и защиту работающих от вредных производственных факторов.

Правовую основу производственной санитарии составляют законы, подзаконные и нормативно–правовые акты.

Наибольшей юридической силой обладают законы: Конституция РФ; Трудовой кодекс РФ; ФЗ «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения»; ФЗ «О обязательном социальном страховании от НС на производстве и профессиональных заболеваний»; «об охране здоровья граждан»

Права и обязанности работников и работодателей в области охраны и гигиены труда.

Права и обязанности работников. Как права, так и обязанности работников в отношении безопасности и гигиены труда исчерпывающе определены в ТК РФ (ст. 21, 214, 219, 220)

Важнейшими из этих прав являются: 1) получать достоверную информацию о состоянии условий на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья и о принятых мерах по защите работника от производственных вредностей и опасностей. В случае отказа работодателя предоставить работнику информацию о состоянии охраны труда на рабочем месте работник вправе обратиться в органы государственного надзора с просьбой об инспектировании его рабочего места и принять личное участие в такой проверке; 2) отказаться от выполнения работ в случае возникновения непосредственных опасностей для жизни и здоровья, предупредив о прекращении работы непосредственного руководителя; 3) отказаться от выполнения вредных или опасных работ, если они не предусмотрены трудовым договором.

К обязанностям работников в области охраны труда относятся:

1) соблюдать требования охраны труда; 2) правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, т.е. одежду и обувь, маски, очки, респираторы;

3) проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работы, проверку знаний требований охраны труда; 4) немедленно сообщать своим непосредственным или вышестоящим руководителям о любом несчастном случае на производстве и признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей. Эта обязанность зафиксирована в ст. 21 ТК РФ как одна из основных обязанностей работника; 5) проходить обязательные медицинские осмотры.

Обязанности и права работодателей. Во-первых, установлено общее требование ко всем работодателям. Они обязаны внедрять современные средства безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний. Во-вторых, в различных статьях ТК РФ (ст. 212 и др.) и в других нормативных актах содержится требование обеспечить работникам здоровые и безопасные условия труда. Это требование детализируется в виде конкретных обязанностей работодателей в различных сферах деятельности, в отношении различных аспектов трудовых отношений. Таких обязанностей зафиксировано около 20.

Тема охраны и гигиены труда изложена в конвенций МОТ, посвященных вопросам охраны труда, в 2010-2013 г.г.: Конвенции МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда», Конвенции МОТ № 174 «О предотвращении крупных производственных аварий», Конвенции МОТ № 176 «О безопасности и гигиене труда на шахтах».

Федеральным законодательством установлены права, обязанности и ответственность гражданина в отношении санитарно-эпидемиологического благополучия страны.

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (редакция от 3 августа 2018 года N 342-ФЗ) направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условия реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду, в том числе и производственную среду. В статье 25 закона указывается, что «условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредное воздействие на человека».

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека, и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности (статья 1).

В соответствии с Федеральным законом о «Санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» каждый гражданин, имея право на благоприятную среду обитания и возмещения вреда своему здоровью, правомочен получать от властных структур информацию о состоянии среды обитания, осуществлять общественный контроль за ее санитарным состоянием, вносить предложения по улучшению среды обитания. Такими же правами обладают индивидуальные предприниматели и юридические лица.

Каждый гражданин обязан заботиться о здоровье, гигиеническом воспитании и обучении своих детей, соблюдать требования санитарно-эпидемиологического законодательства и не осуществлять действия, его нарушающие. За данные нарушения установлена дисциплинарная, административная и уголовная ответственность.

Среда обитания человека - совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека;

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается посредством:

профилактики заболеваний в соответствии с санитарно-эпидемиологической обстановкой и прогнозом ее изменения;

государственного санитарно-эпидемиологического нормирования, надзора,

мониторинга;

сертификация продукции, работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для человека;

лицензирования видов деятельности, представляющих потенциальную опасность для человека;

государственной регистрации потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, радиоактивных веществ, отходов производства, а также впервые ввозимых на территорию РФ отдельных видов продукции;

мер по своевременному информированию населения о возникновении инфекционных заболеваний и отравлений;

мер по привлечению к ответственности за нарушение законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

"Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы, в соответствии с законом РФ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", - нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

Санитарные нормы подразделяются:

- по степени влияния: на предельно-допустимые и оптимальные нормы;

- по срокам действия: на условно-постоянные и временные нормы;

- по сфере применения: на общегосударственные и местные нормы;

- по обязательности применения: на обязательные (законодательные), т. е. носящие силу закона, и рекомендуемые, которые не имеют законодательной силы, а носят справочный характер. На основе рекомендуемых норм могут разрабатываться различные инструкции, предписания, постановления и другие документы.

Санитарные нормы разрабатываются в централизованном порядке институтами гигиены труда Министерства здравоохранения РФ, специализированными институтами охраны труда, а также институтами Госстроя.

Санитарные нормы и правила регламентируют предельно допустимые значения отдельных неблагоприятных производственных факторов, таких, как шум, вибрация, запыленность, загазованность, и устанавливают обязательные требования, по архитектурно-планировочным решениям исходя из функционального назначения объекта проектирования и безопасной организации работ.

- ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля1998 г. № 125-ФЗ (с изменениями на 17.03.2018г) устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Закон регулирует взаимоотношения пострадавших на производстве (застрахованных), работодателей (страхователей) и посредника между ними – страховщика (Фонда социального страхования РФ) по вопросам возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектах» от 21 июля 1997 г. №т116-ФЗ (новая редакция от 29.07.2018 г.) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения и работающих с источниками ионизирующих излучений в целях охраны здоровья

Важным звеном санитарного законодательства являются закон РФ «об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г № 5487-1. Под нею подразумевается совокупность мер политического, экономического, правового, социального, культурного, научного, медицинского санитарно-гигиенического и противоэпидемиологического характера, направленных на сохранение и укрепление физического и психического здоровья каждого человека, поддержание его долголетней активной жизни, предоставление ему медицинской помощи в случае утраты здоровья.В целях охраны здоровья граждан, предупреждения инфекционных и профессиональных заболеваний работники отдельных профессий, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, проходят обязательные при поступлении и периодические медицинские осмотры. Согласно статье 21 этого закона, работодатели несут ответственность за выделение средств на проведение обязательных и периодических медицинских осмотров.

Рассматривая санитарное законодательство, нельзя оставить без внимания Федеральный закон «О предупреждении распространения в Российской Федерации заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ- инфекции)» от 30 марта 1995 г. № 38-ФЗ.

Правовое регулирование в области произ сан. осуществляется также:

- Гражданским кодексом РФ в части, касающейся вопросов возмещения морального вреда, причиненного несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием
- Уголовным кодексом РФ в части, касающейся уголовной ответственности за нарушение требований охраны труда
- Кодексом РФ об административных правонарушениях в части, касающейся административной ответственности за нарушение требований охраны труда
- Налоговым кодексом РФ в части, касающейся отнесения затрат на обеспечение безопасных условий и охраны труда и на улучшение условий и охраны труда

## 5 Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства

За соблюдением санитарного законодательства осуществляются следующие виды надзора и контроля:

- государственный;
- ведомственный;
- общественный.

Государственный надзор и контроль осуществляют специально уполномоченные на то службы и агентства, а именно:

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Положение о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 28.07.2018 № 885. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека является уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно- эпидемиологического благополучия населения и находится в ведении Министерства здравоохранения и социального развития РФ.
- Структура Роспотребнадзора: 1Центральный аппарат 2 Управления Роспотребнадзора по субъектам РФ 3 Центры гигиены и эпидемиологии в субъектах РФ 4 Научно-исследовательские институты 5 Противочумные учреждения 6 Санитарно-эпидемиологические службы министерств и ведомств

Основными задачами государственного санитарно- эпидемиологического надзора в России являются профилактика инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний населения, предупреждение вредного воздействия на человека факторов среды обитания, а также гигиеническое воспитание и обучение граждан.

Организацию государственного санитарно-эпидемиологического надзора в РФ

осуществляют: руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – главный государственный санитарный врач Российской Федерации, а также главные государственные санитарные врачи по субъектам Российской Федерации, по городам, районам и на транспорте.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком осуществления медико-социальной экспертизы и установлением степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

- Федеральная служба по труду и занятости (Роструд). Положение о Федеральной службе по труду и занятости утверждено постановлением Правительства Российской Федерации 30.06.2004 № 324.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) утверждено постановлением Правительства РФ от 17.06.2004 № 294. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии находится в ведении Министерства промышленности и энергетики РФ.

Ростехрегулирование организует: 1) экспертизу и подготовку заключений по проектам федеральных целевых программ, межгосударственных научно-технических и инновационных программ; 2) экспертизу проектов национальных стандартов; 3) обязательную метрологическую экспертизу содержащихся в проектах нормативных правовых актов РФ требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений.

Агентство осуществляет: 1) руководство деятельностью Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли, Государственной службы стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; 2) создание технических комитетов по стандартизации и координацию их деятельности; 3) принятие программы разработки национальных стандартов;

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) утверждена постановлением Правительства РФ от 30.07.2004 № 401. Руководство Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляет Правительство РФ.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору является: органом государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии; специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности; органом государственного горного надзора; специально уполномоченным государственным органом в области экологической экспертизы в установленной сфере деятельности; органом государственного энергетического надзора; специально уполномоченным органом в области охраны атмосферного воздуха.

- Государственный надзор за точным и единообразным исполнением законов о труде осуществляют Генеральный прокурор РФ и подчиненные ему органы прокуратуры.

Министерства и ведомства осуществляют ведомственный контроль на подчиненных им предприятиях. К ведомственному контролю относится контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия.

Общественный контроль выполняют профсоюзы или уполномоченные общественные санитарные инспекторы на предприятиях.

6 Ответственность за нарушение требований ПС.

Лица, виновные в нарушении требований произв санитарии, невыполнении обязательств, предусмотренных коллективными договорами, или препятствующие деятельности представителей органов государственного надзора и контроля, а также органов общественного контроля, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ. В зависимости от тяжести нарушений наступает дисциплинарная, административная,

материальная и уголовная и общественная ответственность.
Дисциплинарная ответственность – это ответственность работника за нарушение им трудовой дисциплины. Общий порядок дисциплинарной ответственности работников регламентируют ТК РФ (ст. 192), Типовые правила внутреннего распорядка на предприятиях.
Основанием для применения дисциплинарного взыскания является дисциплинарный проступок, под которым понимается противоправное, виновное неисполнение или ненадлежащее исполнение работником его трудовых обязанностей.
Административная ответственность – ответственность гражданина или должностного лица за совершение им (умышленно или неумышленно) действия, запрещенного правом, или за бездействие в случае, предписываемом правом, когда такое деяние (действие или бездействие) обладает меньшей степенью опасности, чем преступление; коротко – это ответственность за правонарушение, не влекущее за собой уголовной ответственности.
При административной ответственности лицо, нарушившее правовую норму, обычно не связано отношением служебного подчинения с административным органом, налагающим взыскание. Этим административная ответственность отличается от дисциплинарной ответственности.
Уголовная ответственность – ответственность лица за преступление, совершенное им умышленно (с прямым или косвенным умыслом) или по неосторожности (по легкомыслию или небрежности). Она регламентируется Уголовным кодексом Российской Федерации (УК РФ).
К лицам, совершившим преступление, могут применяться следующие наказания: штраф, лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, ограничение свободы, арест, лишение свободы на определенный срок.

Материальная ответственность. Она может быть двух разновидностей; предприятия В1 и работающего В2.

Согласно ТК РФ (ст. 232) сторона трудового договора (работодатель или работник) возмещает ущерб, причиненный ею другой стороне, если этот ущерб был причинен в результате виновного противоправного поведения (действия или бездействия). Каждая из сторон трудового договора обязана доказать размер причиненного ей ущерба (ст. 233).
Общественная ответственность. К нарушителю правил охраны труда могут быть применены следующие меры: объявление общественного предупреждения (1),.общественного порицания (2), передача дела на рассмотрение в товарищеский суд (3), постановка вопроса перед администрацией о переводе нарушителя на нижеоплачиваемую должность или понижение его а должности
Помимо этих видов ответственности законодательство предусматривает также ответственность предприятий и организаций за выпуск и поставку продукции не соответствующей требованиям ОТ.

7 Организация работ по ПС.
Для успешной работы по охране труда необходимо осуществление управления охраной труда - это подготовка, принятие и реализация решений по осуществлению, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.
Большая организующая роль в создании и поддержании нормальных и безопасных условий труда на предприятиях принадлежит отделу охраны труда, который находится в непосредственном подчинении главного инженера предприятия. Под контролем этого отдела должны постоянно находится гигиена труда, рациональное освещение, электробезопасность, борьба с пылью и газами, шумом и вибрацией, вентиляция, пожарная безопасность и др вопр. по об без усл труда.

На предприятиях с численностью более 50 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.
В организациях со среднесписочной численностью работников (при отсутствии рабочих, занятых на тяжелых и с вредными и опасными условиями труда работах) до 700 человек эти функции могут выполнять отдельные специалисты по охране труда.
В организациях с большей численностью создается бюро охраны труда при штатной численности работников 3 – 5 единиц (включая начальника) или отдел – при штатной численности работников от 6 единиц.
Одной из задач отдела ОТ является проведение инструктажа и обучение рабочих безопасным методам работ.
В организациях с численностью более 10 работников работодателями создаются комитеты (комиссии) по охране труда. В их состав на паритетной основе входят представители работодателей, профессиональных союзов или иного уполномоченного работниками представительного органа.
Комитет (комиссия) по охране труда организует разработку раздела коллективного договора об охране труда, совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных проверок.
Обучение по охране труда работников рабочих профессий
Работодатель обязан в 1 месяца после приема на работу организовать обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на работу лиц, а также лиц, переводимых на другую работу.
Обучение по охране труда проводится при подготовке работников рабочих профессий, переподготовке и обучении их другим рабочим профессиям.
Основным документом, регламентирующими проведение инструктажей с работниками является Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 (редакция от 30.11.2016 в апреле 2018г представлен новый проект редакции) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций". В народе именуемое: «Приказ 1/29».
Еще существует совсем новый ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения». С 01 марта 2017 года он заменил собой ГОСТ 12.0.004-90.
Различают следующие виды инструктажа рабочих: 1) вводный; 2) первичный на рабочем месте; 3) повторный инструктаж; 4) целевой (текущий) инструктаж; 5) внеплановый.
Вводный инструктаж – проводиться с целью ознакомления новичка с общими правилами и требованиями охраны труда на предприятии, правилами внутреннего распорядка (рассматривается все предприятие в целом)
Вводный инструктаж по охране труда проводится со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, с временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику.
Вводный инструктаж на предприятиях проводит инженер по охране труда или лицо, на которое приказом работодателя возложены эти обязанности. Для проведения вводного инструктажа разрабатываются программа и инструкция, которые утверждаются работодателем.
О проведении вводного инструктажа делается запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего, а также в документы о приеме на работу.
От последующих инструктажей на рабочем месте освобождаются лица, не связанные с обслуживанием, испытанием, наладкой оборудования и инструментом. Составляется

Перечень профессий и должностей работников, освобожденных от инструктажей на рабочем месте, который утверждается работодателем.
Первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте проводится до начала работы руководителем подразделения или по его поручению мастером:
- Со всеми поступающими на работу в подразделение, - С работниками организации, переведенными из другого структурного подразделения, либо работниками, которым поручается выполнение новой для них работы.
- С командированными работниками сторонних организаций, обучающимися образовательных учреждений, проходящими производственную практику.
Программа инструктажа предусматривает: Ознакомление с устройством оборудования, а также с опасными зонами оборудования и их ограждениями. Порядок подготовки к работе (проверка исправности оборудования, пусковых приборов, заземляющих устройств, инструмента, приспособлений). Порядок применения предохранительных приспособлений. Требования к спецодежде, спецобуви и другим сиз. Случаи производственного травматизма и их причины. Требования безопасности к электрооборудованию, осветительным приборам. Правила безопасности при выполнении работ совместно несколькими рабочими. Меры оказания первой помощи при несчастных случаях, личную гигиену рабочего. Ответственность рабочих за нарушение правил безопасности груда.
Повторный инструктаж по безопасным приемам и методам работы проводится со всеми рабочими независимо от их квалификации и стажа работы по данной профессии через каждые 6 месяцев. С рабочими обслуживающими оборудование повышенной опасности повторный инструктаж проводят не реже одного раза в 3 месяца.
Повторный инструктаж проводит непосредственный руководитель работ.
Целевой(текущий) инструктаж проводят:
- при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне организации, цеха и участка) оформляется наряд-допуск;
- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- при проведении экскурсий на предприятии.
- при организации массовых мероприятий с учащимися (экскурсии, походы, спортивные соревнования).
Инструктирование производится непосредственным руководителем работ - мастером, начальником цеха.
Внеплановый инструктаж необходим если:
при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
при нарушении работающими требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
при перерывах в работе: для работ, к которым предъявляют дополнительные повышенные требования безопасности, более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ на 60 дней.
- по требованию органов надзора; по решению работодателя.
При регистрации в личной карточке внепланового инструктажа должна указываться и причина его проведения.
О проведении всех инструктажей делаются отметки в специальном журнале или в индивидуальной карточке (с подписями инструктора и рабочего).

8 Производственный микроклимат

Производственный микроклимат – состояние воздушной среды в закрытых помещениях, характеризующийся температурой, скоростью движения воздушного потока и относительной влажностью воздуха, определённым тепловым излучением (при наличие источников лучистого тепла) и барометрическим давлением.

Температура, скорость движения возд. потока и относительная влажность воздуха, а также лучистый теплообмен определяют тепловой комфорт (дискомфорт) человека, находящегося в воздушной среде.

Спецификой производственного микроклимата является то, что хотя он формируется под влиянием климата местности (особенно при работах на открытом воздухе), но технология, производственный процесс значительно изменяют физические свойства окружающей воздушной среды, создавая своеобразные метеорологические условия на рабочих местах, что особенно проявляется в закрытых помещениях.

В таких помещениях микроклимат зависит, кроме технологии, также от имеющейся системы отопления и вентиляции. В связи с этим микроклимат может быть монотонным, когда его параметры мало изменяются в течение рабочей смены (ткацкие, швейные цеха) или, наоборот, очень динамичным (сталеплавильные, литейные цеха).

Терморегуляция осуществляется химическим и физическим путем. Химическая терморегуляция осуществляется за счет изменения уровня теплообразования, т. е. усиления или ослабления интенсивности обмена веществ в клетках организма.

Физическая терморегуляция осуществляется путем изменения интенсивности отдачи тепла.

Поддержание микроклимата на рабочих местах в пределах гигиенических норм – важнейшая задача ПС.

Микроклиматические (метеорологические) параметры, как каждое в отдельности, так и в различных сочетаниях оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Для производственных помещений в большинстве случаев характерно суммарное действие микроклиматических факторов. Такое действие может быть синергическим, когда воздействия неблагоприятных факторов усиливают друг друга, или антагонистическими, когда действие одного или нескольких факторов ослабляются или полностью уничтожаются другими.

Температура воздуха – характеризует тепловое состояние микроклимата. Измеряется в градусах Цельсия (□С) или в градусах Кельвина [К]. Температура воздуха оказывает большое влияние на самочувствие человека и производительность его труда. Она является основным фактором раздражающим нервные окончания поверхностных частей тела. От температуры зависят глубина и частота дыхания, скорость циркуляции крови, характер кроветворения, интенсивность окислительных и биохимических процессов. Высокая температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров на оптимальных и допустимых уровнях оказывает неблагоприятное влияние на сердечно–сосудистую, центральную нервную систему человека и пищеварения, вызывая нарушение их деятельности. Она вызывает быструю утомляемость организма, приводит к расслаблению тела человека, снижению внимания, а в наиболее неблагоприятных условиях – к перегреву организма (тепловой удар).

Влажность воздуха. Приняты следующие понятия при оценке влажности.

Абсолютная влажность- это содержание водяных паров в определенном объеме воздуха. ($г/м^3$)

Влажность воздуха в рабочей зоне выражают в величинах относительной влажности.

Относительная влажность – отношение абсолютной влажности к максимально возможной

при данной температуре. Измеряется в %.

Скорость движения воздуха – усреднённая скорость перемещения воздушных потоков под действием различных побуждающих сил. Измеряется в метрах в секунду (м/с). Скорость движения воздуха внутри производственных помещений вызывается естественной и механической вентиляцией, неравномерным нагревом воздушных масс, возникновением конвекционных воздушных потоков и за счёт возмущения воздушных потоков движущимися и вращающимися машинами, аппаратами, установками и людьми.

Тепловое излучение (инфракрасное излучение) – это периодические электромагнитные колебания с длиной волны 0,76– 1000 мкм (в гигиенической практике – до 30 мкм), которое испускает любое нагретое тело. Инфракрасное излучение подчиняется ряду важных физических закономерностей, установленных для абсолютно чёрного тела, а именно: это тело, полностью поглощающее все падающие на него излучения; тепловой излучатель – это излучатель, имеющий наибольшую мощность излучения при данной температуре для всех волн по сравнению с другими излучателями.

Основные производственные источники излучения – это электрические дуги, плавильные и нагревательные печи, открытое пламя, нагретый металл и др.) имеют температуру до 500 $^0$С, а максимум излучения которых колеблется от 0,7 до 7 мкм.

Важнейшей характеристикой воздушной среды является барометрическое давление. Работа при пониженном (повышенном) барометрическом давлении меняет уровень поступления кислорода в организм и представляет опасность. Люди, работающие в условиях повышенного давления, могут получить кессонную болезнь, баротравмы ушей, воспаление синусовых полостей и лёгких или столкнуться с другими физиологическими проблемами.

Гигиеническое нормирование

В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88* «Общие санитарно– гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» нормируемые параметры микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые.

Оптимальные условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8–ми часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья в течение рабочей смены (8 часов), но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Но эти изменения проходят за время отдыха, к началу следующей рабочей смены.

Профилактические мероприятия

Мероприятия по нормализации микроклиматических условий производственных помещений делят на 3 группы.

1 Строительно–технологические:

-Изменение самого технологического процесса - замена горячего способа обработки металла - холодным (штамповка), замена нагрева металла в нагревательных печах индукционным нагревом металла токами высокой частоты и др.

– замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования;

– механизация и автоматизация произ процессов, дистанционное управление теплоизлучающими процессами;

– рациональное размещении оборудования в помещении;

– защита расстоянием (размещение теплоизлучающего оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках).

2 Санитарно–технические:

– герметизация оборудования. Плотно подогнанные дверцы, заслонки, блокировка закрытия технологических отверстий с работой оборудования — все это снижает выделение тепла от открытых источников;

теплоизоляция поверхностей оборудования – асбест, стекловолокно, войлок, пробковые материалы. Теплоизоляцию следует делать с таким расчетом, чтобы температура наружной стены оборудования не превышала 45˚С.

– экранирование источников теплового излучения;

– вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха;

– тепловые завесы, воздушное душирование, тамбур– шлюзы.

3 Организационные:

– защита временем, рациональный режим труда и отдыха (дополнительные перерывы, сокращение длительности рабочей смены);

– помещения отдыха с оптимальными условиями комфорта (для обогрева с горячим питьем или «оазисы» с охлажденной питьевой водой);

– устройство в горячих цехах специально оборудованных комнат, кабин или мест для кратковременного отдыха, в которые подается очищенный и умеренно охлажденный воздух;

– фотарии (светолечебный кабинет, облучение ультрафиолетовыми и тепловыми лучами);

– организация рационального водно-солевого режима работающих с целью профилактики перегрева организма. Для этого к питьевой воде добавляют небольшое количество (0,2 -- 0,5%) поваренной соли и насыщают ее диоксидом углерода (сатурируют).

– средства индивидуальной защиты (СИЗ) –специальные одежда, обувь, средства защиты рук и головы.

9 НС на производстве

Несчастный случай на производстве – воздействие на работника производственного фактора при выполнении им трудовых (служебных) обязанностей или заданий работодателя, в результате которого произошли травма, внезапное ухудшение здоровья или отравление работника, которые привели его к временной или стойкой утрате трудоспособности, профессиональному заболеванию либо смерти.

Производственной травмой считается внезапное повреждение организма человека в результате НС на производстве.

Расследование и учет НС

Расследование несчастного случая на производстве – это выявление в установленном порядке причин, которые привели к несчастному случаю на производстве.

Учет несчастных случаев на производстве – это объективная документальная фиксация каждого несчастного случая на производстве.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя, при исполнении ими трудовых обязанностей.

К лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя, помимо работников, исполняющих свои обязанности по трудовому договору, в частности, относятся:

-работники и другие лица, получающие образование в соответствии с ученическим договором;

-обучающиеся, проходящие производственную практику;

-лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями;

-лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду;

-лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно-полезных работ;

-члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

- лица, привлеченными в установленном порядке к участию в работах по предотвращению катастрофы, аварии или иных чрезвычайных обстоятельств либо в работах по ликвидации их последствий.

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве определяется ст. 227-231 ТК РФ и Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденным постановлением Минтруда России от 24 октября 2002 г. № 73.

Расследуются НС если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

- при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем, либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в служебных целях по распоряжению работодателя или по соглашению сторон трудового договора;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя к месту выполнения работы и обратно, в том числе пешком;

- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде);

- при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

- при действиях, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

Расследуются также, но в зависимости от конкретных обстоятельств могут квалифицироваться как несчастные случаи, не связанные с производством следующие НС:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная в установленном порядке соответственно медицинской организацией, органами следствия или судом;

- смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось по заключению медицинской организации алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) пострадавшего, не связанное с нарушениями технологического процесса, в котором используются технические спирты, ароматические, наркотические и иные токсические вещества;

-несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий (бездействия), квалифицированных правоохранительными органами как уголовно наказуемое деяние.

Обязанности работодателя при несчастном случае

При несчастных случаях, указанных в статье 227 Тр Кодекса, работодатель обязан:

- немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию;

- принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;

- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни других лиц и не ведет к катастрофе, аварии или возникновению иных ЧС, а в случае невозможности ее сохранения - зафиксировать сложившуюся обстановку (сделать фото, видео);

- принять необходимые меры по организации расследования несчастного случая, оформлению материалов расследования и его учет.

- немедленно проинформировать о несчастном случае органы и организации, а о тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом - также родственников пострадавшего.

Ответственность работодателя за сокрытие несчастного случая на производстве

Если работодатель не сообщает о несчастном случае в вышеназванные органы в установленные сроки, это расценивается как нарушение требований трудового законодательства, а также является основанием для квалификации данного правонарушения как сокрытие несчастного случая (ст. 15.34 КоАП)*.

Сокрытие страхователем наступления страхового случая при обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и проф заб – влечет наложение административного штрафа:

на граждан в размере от 300 до 500 рублей;

на должностных лиц в размере от 500 до 1000 рублей;

на юридических лиц в размере от 5000 до 10000 рублей.

Статья 229. Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев

Для расследования легкого несчастного случая работодатель образует комиссию в составе не менее 3х человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда, представители работодателя, представители профсоюзной организации. Для НС с легким исходом Комиссию возглавляет работодатель.

При расследовании несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом в состав комиссии также включаются государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, представитель территориального объединения организаций профсоюзов, а при расследовании указанных несчастных случаев с застрахованными - представители исполнительного органа страховщика. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав во главе с государственным инспектором труда.

Несчастный случай, происшедший с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав комиссии входит представитель работодателя, направившего это лицо.

При групповом несчастном случае с числом погибших 5 человек и более комиссию возглавляет руководитель государственной инспекции труда - главный государственный инспектор труда соответствующей государственной инспекции труда или его заместитель по охране труда.

В случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Статья 229.1. Сроки расследования несчастных случаев

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого 1 или несколько пострадавших получили легкие повреждения здоровья, проводится комиссией в течение 3 дней. Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

При необходимости проведения дополнительной проверки обстоятельств несчастного случая, сроки могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 дней.

Статья 230. Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев

Акт о нс заполняется в 3х экземплярах.

После завершения расследования акт о несчастном случае на производстве подписывается всеми лицами, проводившими расследование, утверждается работодателем и заверяется печатью.

Экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем.

Краткий план действий при обнаружении факта нс :

Отправка извещения о несчастном случае (ст. 228.1 ТК РФ; п.5 ч.1 Постановления Министерства труда и социального развития РФ от 24.10.2002 №73 );

Создание комиссии по расследованию несчастного случая (ст. 229 ТК РФ);

Запрос в медицинские учреждение на получение медицинской справки 315/У «О характере полученных повреждений здоровья в результате несчастного случая на производстве и степени их тяжести» (Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 15.04.2005 № 275);

Проведение опросов пострадавшего, очевидцев, должностных лиц (ст. 229.2 ТК РФ);

Осмотр места происшествия, заполнение соответствующего протокола (ст. 229.2 ТК РФ);

Составление схемы места происшествия (ст. 229.2 ТК РФ);

Формирование акта Н-1.

10 профессиональные заболевания

Профессиональное заболевание - заболевание, развившееся в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью (определение Международной организации труда МОТ).

Профессиональное заболевание - хроническое или острое заболевание работника, являющееся результатом воздействия на него вредных производственных факторов и повлекшее временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности ("Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний". Федеральный закон от 24.07.98 N 125-ФЗ).

Профессиональная заболеваемость - показатель числа вновь выявленных в течение года больных с профессиональными заболеваниями и отравлениями, рассчитанный на 100, 1 000, 10 000, 100 000 работников.

Основными причинами профессиональной заболеваемости являются:

- несовершенство технологических процессов; - конструктивные недостатки средств труда;
- несовершенство рабочих мест; - неприменение, отсутствие или несовершенство

СИЗ;
- нарушение правил техники безопасности и производственной санитарии
- профессиональный контакте инфекционным агентом; отступления от технологического процесса.

Опасность для здоровья работника производственных факторов окружающей среды различной природы (физической, химической, биологической) в комбинации с неблагоприятным характером трудовой деятельности может усугубляться ролью генетических, экологических и социальных показателей.

Профессионально обусловленная заболеваемость - заболеваемость общими (не относящимися к профессиональным) заболеваниями различной природы происхождения, имеющая тенденцию к повышению по мере увеличения стажа работы в неблагоприятных условиях труда и превышающая таковую в профессиональных группах, не подвергающихся воздействию вредных факторов.

К профессионально обусловленным заболеваниям относятся заболевания сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца), нервно-психические заболевания типа невроза, болезни опорно-двигательного аппарата (например, пояснично-крестцовый радикулит), ряд заболеваний органов дыхания.

Расследование профессиональных заболеваний

Расследованию и учету подлежат острые и хронические профессиональные заболевания (отравления).

Профессиональное заболевание, возникшее у работника, подлежащего обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, является страховым случаем.

Порядок установления наличия профессионального заболевания

Устанавливать диагноз хронического профессионального заболевания (или интоксикации) дано право только специализированным лечебно-профилактическим учреждениям и их подразделениям (центр профпатологии, клиника и отдел профзаболеваний, выполняющие его функции), имеющим соответствующие лицензии и сертификат.

При установлении диагноза профессионального заболевания (т.е. проведения экспертизы связи заболевания с профессией) учитываются:

- сведения о профессиональном маршруте за весь период трудовой деятельности; данные санитарно-гигиенической характеристики условий труда с указанием конкретных параметров всех вредных производственных факторов и их экспозиции в соответствии с профессиональным маршрутом;

- данные предварительных (при приеме на работу) и периодических медицинских осмотров;

- сведения об обращаемости работника в учреждения здравоохранения за медицинской помощью и его болезнях, в том числе и с временной утратой трудоспособности;

- результаты комплексного клинико-функционального обследования, свидетельствующие о наличии изменений, характерных для данного профессионального заболевания.

При установлении предварительного диагноза - острое профессиональное заболевание (отравление) учреждение здравоохранения обязано в течение 1 суток направить экстренное извещение о профессиональном заболевании работника в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, и сообщение работодателю по форме, установленной Минздравом России.

Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, получивший экстренное извещение, в течение 1 суток со дня его получения приступает к выяснению обстоятельств и причин возникновения заболевания, по выяснении которых составляет санитарно-гигиеническую характеристику условий труда

работника и направляет ее в учреждение здравоохранения по месту жительства или по месту прикрепления работника.

Учреждение здравоохранения на основании клинических данных состояния здоровья работника и санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз - острое профессиональное заболевание (отравление) и составляет медицинское заключение.

При установлении предварительного диагноза - хроническое профессиональное заболевание (отравление) извещение о профессиональном заболевании работника в 3-дневный срок направляется в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора в 2-недельный срок со дня получения извещения представляет в учреждение здравоохранения санитарно-гигиеническую характеристику условий труда работника.

Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз - хроническое профессиональное заболевание (отравление), в течение 1 месяца обязано направить больного на амбулаторное или стационарное обследование в специализированное лечебно-профилактическое учреждение (центр профессиональной патологии), с представлением следующих документов:

а) выписка из медицинской карты амбулаторного и (или) стационарного больного;

б) сведения о результатах предварительного (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров; в) санитарно-гигиеническая характеристика условий труда; г) копия трудовой книжки.

Центр профессиональной патологии на основании клинических данных состояния здоровья работника и представленных документов устанавливает заключительный диагноз - хроническое профессиональное заболевание (в том числе возникшее спустя длительный срок после прекращения работы в контакте с вредными веществами или производственными факторами), составляет медицинское заключение и в 3-дневный срок направляет соответствующее извещение в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Медицинское заключение о наличии профессионального заболевания выдается работнику под расписку и направляется страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Ответственность за своевременное извещение о случае острого или хронического профессионального заболевания, об установлении, изменении или отмене диагноза возлагается на руководителя учреждения здравоохранения, установившего (отменившего) диагноз.

Порядок расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания

Расследование каждого случая острого или хронического профзаболевания (отравления) проводится комиссией на основании приказа, издаваемого работодателем с момента получения извещения об установлении заключительного диагноза:

незамедлительно – при групповом заражении особо опасными инфекциями или со смертельным исходом;

в течение 24 часов – при предварительном диагнозе острого профессионального заболевания (отравлении);

в течение 10 суток – при хроническом профессиональном заболевании (отравлении).

Работодатель обязан организовать расследование обстоятельств и причин возникновения у работника профессионального заболевания. Комиссия по расследованию профессионального заболевания, возглавляется главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В состав комиссии входят представитель работодателя, специалист по охране труда, представитель учреждения здравоохранения, профсоюзного органа.

Работник имеет право на личное участие в расследовании возникшего у него профессионального заболевания. По его требованию в расследовании может принимать участие его доверенное лицо.

Для проведения расследования работодатель обязан:

а) представлять документы и материалы, в том числе архивные, характеризующие условия труда на рабочем месте;

б) проводить по требованию членов комиссии за счет собственных средств необходимые экспертизы, лабораторно-инструментальные и другие гигиенические исследования с целью оценки условий труда на рабочем месте; в) обеспечивать сохранность и учет документации по расследованию.

В процессе расследования комиссия опрашивает сослуживцев работника, лиц, допустивших нарушение государственных санитарно-эпидемиологических правил, получает необходимую информацию от работодателя и заболевшего.

На основании рассмотрения документов комиссия устанавливает обстоятельства и причины профессионального заболевания работника, определяет лиц, допустивших нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил, иных нормативных актов, и меры по устранению причин возникновения и предупреждению профессиональных заболеваний.

Если комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа комиссия устанавливает степень вины застрахованного (в процентах).

Порядок оформления акта о случае профессионального заболевания

По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания, по форме, установленной Постановление м Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2000 г. № 967 «Об утверждении положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний» и который является документом, устанавливающим профессиональный характер заболевания, возникшего у работника на данном производстве.

Акт составляется в 3-дневный срок по истечении срока расследования в 5 экземплярах, предназначенных для работника, работодателя, центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора, центра профессиональной патологии (учреждения здравоохранения) и страховщика. Акт подписывается членами комиссии, утверждается главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора и заверяется печатью центра.

В акте о случае профессионального заболевания подробно излагаются обстоятельства и причины профессионального заболевания, а также указываются лица, допустившие нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил, иных нормативных актов. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, указывается установленная комиссией степень его вины (в процентах).

Физиология труда - раздел таких медицинских дисциплин нормальная физиология и гигиена труда, изучающий измене функционального состояния организма человека под производственной деятельности и разрабатывающий чески обоснованные средства организации трудового процесса, способствующие предупреждению утомления и поддержанию высокого уровня работоспособности.

Исследования по физиологии труда проводятся в двух направлениях:

изучение общих физиологических закономерностей трудовых процессов;

изучение физиологических реакций организма при конкретных видах производственной деятельности.

Задачи физиологии труда охватывают широкий круг вопросов:

изучение физиологических закономерностей при физических, нервно-психических нагрузках и при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, микроклимата и др.);

исследование физиологических механизмов, определяющих динамику работоспособности человека в современных производственных условиях;

разработку физиологических основ мероприятий в целях повышения работоспособности и снижения утомления.

Классификация основных видов (форм) организации трудовой деятельности. Автоматизированный труд подразделяется на комплексно-автоматизированный и собственно автоматизированный. Комплексная автоматизация труда - это такая высокая степень организации производства, при которой управление осуществляется с дистанционных щитов и пультов управления, располагающихся в изолированных помещениях или кабинах. Ее разновидностью является автономная комплексная автоматизация труда, представленная разнообразными транспортными средствами. Основной вред в данном случае наносят нервно-психические перегрузки.

Автоматизированное производство - более низкая ступень, так как в ее организации хотя и имеет место управление с пультов и щитов, но они располагаются в цехе рядом с оборудованием. Поэтому к такому вредному производственному фактору как нервно-психические перегрузки прибавляются факторы, присущие конкретному производству: химические вещества, пыль, шум и пр.

В целом же автоматизированный труд имеет несомненное гигиеническое преимущества прежде всего в том, что в несколько раз сокращается численность работников во вредных условиях труда.

Механизация труда - это более низкая, но самая частая ступень организации производства, при которой полностью или частично рабочие операции выполняют машины и механизмы. Механизация труда подразделяется на комплексно-механизированный, собственно механизированный и механизированно-ручной труд.

Комплексно-механизированный труд представляет такую организацию производственного процесса, когда основные и вспомогательные технологические процессы выполняются машинами, механизмами и другими видами оборудования. На первый план из вредных производственных факторов выходят те, которые генерирует данное производство- шум, пыль и пр.

Механизированный труд отличается от предыдущего тем, что в нем имеет место неполная механизация. Поэтому при этой распространенной форме организации производства наблюдаются физические перегрузки в сочетании с воздействием других вредных производственных факторов.

Механизированно-ручной труд (весьма распространенный) тоже относится к труду с неполной механизацией, так как при выполнении работ широко используются механизированно-ручные пневмо- и электроинструменты. Эти вредные производственные факторы аналогичны физическим перегрузкам, но выражены в боль- шей степени.

Ручной труд - это труд, который выполняется вручную с использованием исключительно

мускульной силы человека и примитивных орудий труда (лопаты, лома и др.) без применения инструментов с приводом. Главным вредным производственным фактором при ручном труде являются физические перегрузки. Другие вредные производственные факторы воздействуют на работника достаточно интенсивно, так как он находится в эпицентре их выделения (генерации) - на расстоянии вытянутой руки. Исключением надо считать ручной труд при работе на конвейерах, при котором у трудящихся возможны нервно-психические перегрузки. На производстве указанные виды труда далеко не всегда встречаются в чистом виде, а чаще в различных соотношениях.

Некоторые понятия в физиологии труда. Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от следующих факторов: предмет и орудия труда, организация рабочего места, условия труда, технико-организационные мероприятия. Эффективность согласования указанных факторов с возможностями человека во многом зависит от наличия определенной работоспособности.

Работоспособность - величина функциональных возможностей организма, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Уровень функциональных возможностей человека зависит от условий труда, состояния здоровья, возраста, степени тренированности, мотивации к труду и. других факторов.

На уровень и динамику работоспособности существенно влияют специфические особенности каждой конкретной деятельности. Состояние работоспособности оценивается по физиологическим показателям функционального состояния центральной нервной системы, нервно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем, обеспечивающих данную конкретную деятельность.

Изменения работоспособности в течение дневной рабочей смены имеют несколько фаз или сменяющих друг друга состояний человека

Фаза врабатывания или нарастающей работоспособности. В этот период постепенно повышается подвижность функционирования систем организма, ускоряется и увеличивается объем физиологических процессов. Уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным. Это выражается в улучшении физиологических показателей и результатов труда. В зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека, этот период длится от нескольких минут до 1,5-2,5 ч.

Фаза высокой устойчивой работоспособности. Для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций. Ее продолжительность может быть 2-2,5 ч и более в зависимости от степени нервно-психических, физических нагрузок и в целом условий труда.

Фаза снижения работоспособности (утомление). Падение работоспособности сопровождается уменьшением функциональных возможностей основных работающих систем и органов человека. Наблюдаемое к обеденному перерыву падение работоспособности проявляется в ухудшении функций сердечно-сосудистой (изменение артериального давления, частоты пульса), нервной (увеличение времени протекания рефлексов, снижение внимания, появление лишних движений, ошибочных реакций, замедление скорости решения задач) и других систем.

Фаза восстановления работоспособности. Во время отдыха после первой половины рабочей смены она характеризуется увеличением жизненных функций организма.

Динамика работоспособности повторяется и после междусменного перерыва. При этом фаза врабатывания протекает быстрее, а фаза устойчивой работоспособности по уровню ниже и менее дли- тельная, чем до перерыва. Во второй половине смены снижение работоспособности наступает раньше и развивается быстрее в связи с наступлением более выраженного утомления. Перед самым концом работы наблюдается некоторое повышение работоспособности - так называемый конечный порыв перед наступлением отдыха.

Изменение работоспособности может быть и в течение недели, так как за выходные дни в известной мере угасают трудовые условные рефлексы. Отсюда и народное наблюдение – понедельник тяжелый день. Конец рабочей недели знаменуется накоплением утомления. Аналогично динамика изменения работоспособности, правда, не столь выраженная наблюдается и при годовом цикле работы.

Оценка профессиональной работоспособности обычно с помощью комплекса наиболее адекватных физиологических показателей с учетом вида трудовой деятельности, рабочего напряжения, степени тренированности и индивидуальных особенностей организма. При этом чаще всего состояние сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системы.

В то же время следует помнить, что о состоянии профессиональной работоспособности можно в некоторых случаях непосредственно по динамике утомления, показателями которого в процессе труда могут являться увеличение продолжительности и вариабельности выполнения производственных операций, числа ошибок, стихийно возникающих перерывов в работе (микропауз) и т.д.

При определении МПК в качестве нагрузки применяется на месте, степ-тест (подъемы на ступеньку) или работа на велоэргометре.

Величина МПК у испытуемого устанавливается с помощью соответствующего графика (или номограммы) по увеличению частоты сердечных сокращений в ответ на увеличение нагрузки (обычно до 170 в 1 мин).

Последнее время для определения общей физической работоспособности при современных видах труда, связанных, в частности, с гипокинезией, стали использовать показатель способности к выполнению внешней механической работы PWC 170 (Physical working capacity).

Для возможности сопоставления полученную величину PWC, 7о следует разделить на массу тела обследуемого, т. е. определить способность испытуемого развивать определенную удельную мощность внешней работы, Вт/кг. В качестве ориентиров при оценке величины PWC 170 можно использовать данные для здоровых людей, которые составляют у мужчин в среднем 168 Вт; у женщин - в среднем 105 Вт. У спортсменов этот показатель в зависимости от специализации колеблется от 163 до 327 Вт.

Условный рефлекс - изменение функций организма в ответ на внешние условия. Они обладают важным свойством, а именно: работающий человек с закрепленными условными рефлексами чрезвычайно экономно расходует жизненные силы организма при выполнении работы. Условный рефлекс обозначается еще как временный и постепенно угасает без подкрепления, т. е. повторения какой-либо работы.

Примерам выработки и закрепления условного рефлекса может быть обучение работника. После его обучения правилам охраны труда ученику дают в руки молоток, и он должен забить гвоздь. Расчленение этой операции на то, как держать молоток, затем гвоздь, как ударять одним по другому - все эти навыки в виде конкретных условных рефлексов достигаются при повторении названных операций. Условные рефлексы вырабатываются и закрепляются в коре головного мозга, иначе говоря, при активном функционировании центральной нервной системы.

Для трудовой деятельности человека характерно многократное повторение в определенной последовательности различного рода операций, которые складываются из отдельных условных рефлексов в определенную функциональную систему работы коры головного мозга, названную динамическим стереотипом.

Динамический стереотип - устойчивая слаженная система рефлексов, которая образуется в результате многократного повторения условных рефлексов в определенной последовательности и через определенные промежутки времени. В дальнейшем ответ организма определяется не воздействующем раздражителем, а возникающим на его месте условным раздражителем. Механизм динамического стереотипа заключается в формировании в мозге повторяющихся нервных процессов, отражающих пространственные, временные и порядковые особенности воздействия на организм

внешних и внутренних раздражителей. Таким образом, нервные процессы программируют предстоящую деятельность мозга, чем обеспечивается точность и своевременность реакции организма на привычные раздражители производственной обстановки. Изменение условий труда приводит к ломке динамического стереотипа и замене его новым. Его переделка создает реакцию напряжения, тем большую, чем сложнее переделка и длительнее существование стереотипа. Скорость переделки стереотипа зависит также от возраста, функционального состояния центральной нервной системы, типа высшей нервной деятельности человека.

Динамический стереотип как совокупность условных рефлексов включает в себя, помимо двигательных, и вегетативные компоненты, создающие единую систему жизнеобеспечения при осуществлении рабочих движений. В трудовой деятельности динамический стереотип вырабатывается в ходе обучения рабочего производственным операциям. После многократного повторения приемов работы и их усвоения переход от одного элемента рабочей операции к другому происходит без переключения внимания и мышления на выполнение каждого элемента. По мере закрепления динамического стереотипа возникает автоматизм в действиях работников и значительная экономия энергетической мощности организма.

Утомление - это физиологический, а не патологический процесс, который характеризуется снижением функциональных возможностей организма. Оно наступает вследствие выполнения работы, которая сопровождается значительными физическими и нервно-психическими нагрузками. Итогом утомления могут стать снижение работоспособности, ухудшение количества и качества выполняемой работы, нарушение координации движений, уменьшение памяти и пр. Субъективно это состояние называется усталостью. Механизм развития утомления от разных причин в принципе одинаков как из-за тяжести, так и из-за напряженности труда. В его основе лежит наступление торможения деятельности коры головного мозга. Этот процесс справедливо рассматривается как охранительная функция организма, выработанная в процессе эволюции живого организма.

Физические нагрузки (тяжесть трудового процесса). Различают статическую и динамическую работу.

Статическая работа - процесс сокращения мышц, необходимый для поддержания тела или его частей в пространстве. В процессе труда она связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Статическая работа может быть выполнена одной рукой или двумя руками, с участием корпуса и ног, может выполняться в неудобной позе - с наклоном корпуса, лежа, на корточках и т.д.

При статическом усилии с точки зрения физики внешняя механическая работа отсутствует, однако в физиологическом смысле при статических усилиях работа налицо. Она характеризуется теми активными физиологическими процессами, которые протекают в нервно-мышечном аппарате и центральной нервной системе и обеспечивают поддержание напряженного состояния систем и органов человека. При статической работе повышается обмен веществ, увеличивается расход энергии, хотя и в меньшей степени, чем при динамической работе. Статическая работа более утомительна, чем динамическая, поскольку напряжение мышц длится непрерывно без пауз, не допуская их отдыха. Помимо этого, при статической работе кровообращение в работающих мышцах затруднено, происходит уменьшение в них объемного кровотока, уменьшение поступления кислорода и накопление большого количества молочной кислоты - биохимического признака утомления, пропорционально величине статического напряжения.

При длительном поддержании статического напряжения утомление мышц, сочетаясь с недостаточным кровоснабжением, может привести к развитию различных заболеваний.

Динамическая работа представляет собой наиболее распространенный вид двигательной активности человека в процессе труда.

При этом различные части двигательного аппарата могут принимать весьма различное участие в выполнении работы, и сама двигательная работа всегда в какой-то степени

сочетается со статической. Сила мышц человека достаточно большая. Например, при сгибании локтя она составляет до 40 кг, мышц рук- до 250 кг, а ахиллесово сухожилие на ноге выдерживает груз до 500 кг. Образно говоря, организм человека это не силовая, а скоростная машина. Поэтому человек быстрее и с большим качеством выполняет кратковременную силовую работу и хуже, с более частым утомлением, длительную систематическую работу. Мышечная сила, измеренная в килограммах, различна у женщин и мужчин. У первых она ниже на 20-30%, что требует разных предельно допустимых величин физических нагрузок для лиц разного пола. Мышечная сила меняется в течение жизни и начинает снижаться у лиц в возрасте 40 лет. У мужчин к 60 годам она снижается примерно на 80-85%, а у женщин к 55 годам составляет половинную величину силы муж- чин того же возраста. Тренировка увеличивает мышечную силу на одну треть.

Мышечная выносливость- способность длительное время выполнять заданную работу, также меняется в течение времени. Ее снижение более чем на 20% указывает на развитие выраженного утомления.

Динамическая и статическая работа подразделяются на общую, региональную и локальную.

Общая мышечная работа выполняется более чем двумя-тремя массами скелетной мускулатуры, в том числе ног и туловища. Такая работа характерна для тех видов профессиональной деятельности, где полностью или в значительной степени отсутствует механизация - некоторые виды сельскохозяйственных работ, труд грузчиков и др.

Региональная мышечная работа выполняется преимуществен но мускулатурой плечевого пояса и верхних конечностей. В участвуют от одной до двух третей массы скелетной. Примерам могут служить работа станочника, слесаря и другие деятельности, выполняемые обычно стоя.

Нервно-психические нагрузки (напряженность трудового процесса) - под ними подразумеваются различные виды трудовой деятельности, которые сопровождаются функций прежде всего центральной нервной системы. Ранее такой' труд назывался умственным, сейчас это определение следует считать устаревшим.

В понятие напряженности труда, вследствие его сложности, входят следующие разновидности. Прежде всего это интеллектуальные нагрузки, которые могут быть различными из-за содержания и характера выполняемой работы, восприятия сигналов (информации), сложности задания. Такие нагрузки имеют, например, профессии управленческого и творческого труда. Сенсорные нагрузки включают длительность сосредоточенного наблюдения,·плотность сигналов, число и размеры объектов одновременного наблюдения, включая оптические приборы, видеотерминалы, нагрузку на орган слуха и голосовой аппарат. Примерам профессий могут быть операторы, преподаватели. В качестве эмоциональных нагрузок могут быть степени ответственности за работу, собственную жизнь и безопасность других лиц. Самый наглядный пример профессии - водитель транспортных средств. Монотонность нагрузки оценивается по числу повторяющихся элементов заданий, временем активных и пассивных действий. В качестве примера можно привести работающих на конвейере. Наконец, при напряженном труде учитывается режим работы - длительность рабочего дня, сменность, наличие перерывов и их продолжительность. Это работа с ненормированным рабочим днем, работа в разные рабочие смены.

Указанные разновидности нервно-психических нагрузок достаточно часто встречаются одновременно. Под влиянием работы с нервно-психической составляющей состояние функций организма претерпевает фазовые изменения. В начале работы улучшаются память, внимание, запоминание, скорость выполнения "тестовых задач" и профессиональная работоспособность. Длительная нервно- психическая нагрузка оказывает угнетающее влияние на деятельность организма и особенно на функцию центральной нервной системы: ухудшаются внимание (объем, концентрация, переключение), память (кратковременная и долговременная), восприятие (появляется

большое количество ошибок).
Нервно-психические нагрузки приводят к усилению сердечно-сосудистой деятельности, системы дыхания, энергетического обмена; повышению тонуса мускулатуры, а при перегрузках возможно возникновение различных заболеваний. При экстремальных нервно-психических перегрузках может быть развитие особого состояния, называемого стрессом. При стрессе наблюдается общий адаптационный синдром или совокупность изменений, возникающих в организме при воздействии стресса.
В развитии общего адаптационного синдрома различают три последовательные стадии. Первая - стадия тревоги, во время которой происходит мобилизация защитных сил организма. Вторая стадия характеризуется восстановлением нарушенного равновесия, когда организм становится более устойчив в ответ на воздействие чрезвычайных внешних ситуаций и внутриорганизменных болезненных состояний. При невозможности организма преодолеть влияние негативных моментов наступает третья стадия - истощение. Самым тяжелым проявлением адаптационного синдрома является шок (по-английски - удар) или острое состояние, сопровождающееся резкой слабостью, бронхоспазмом, возбуждением, а потом угнетением, снижением артериального давления, а в особо тяжелых случаях - бессознательным состоянием.
Различают также местный адаптационный синдром, который развивается в виде воспаления. В принципе, адаптационный синдром следует оценивать как реакцию организма на стресс, в целом способствующую выздоровлению. Однако выход из стрессовых состояний человека должен быть под наблюдением лечащего врача во избежание ухудшения состояния здоровья пострадавшего.
Необходимо учитывать и тот факт, что при нервно-психических перегрузках организм человека склонен к инерции, к продолжению деятельности центральной нервной системы в задан- ном направлении. После ее окончания "рабочая доминанта" полностью не угасает, обусловливая более длительное утомление и даже истощение организма под влиянием нервно-психических перегрузок, больше чем при физических перегрузках.
Физиологические обоснования мер по снижению утомления и повышению работоспособности. В работу следует "Входить" постепенно. Это обеспечивает последовательное включение физиологических механизмов, определяющих высокий уровень работоспособности. Необходимо соблюдать определенный ритм работы, что способствует выработке навыков и замедляет развитие утомления. Следует придерживаться последовательности и систематичности в работе, что обеспечивает длительное сохранение рабочего динамического стереотипа. Правильное чередование описанных выше видов труда с отдыхом уменьшает степень утомления, повышает работоспособность. Высокая работоспособность сохраняется при систематических упражнениях и тренировке.
Кроме того, должны быть соблюдены требования эргономики и дизайна (оптимизация размеров и массы инструмента, рабочих движений, количества информативных сигналов и другие требования к рационализации рабочего места - удобства стула, стола, пульта и шита управления, окраски рабочего помещения, выбор оптимального ритма работы, соответствующей освещенности и т.д.).
Что касается режима работы, то наилучшей сменой для под- держания работоспособности на необходимом уровне является дневная смена с началом рабочего дня не ранее 7 ч. В любой смене обязательно необходимы перерывы для отдыха и приема пищи в середине смены длительностью не менее получаса, а также перерывы на 10-15 мин примерно за час в конце первой и второй половины смены для производственной гимнастики. Работа в ночную смену для поддержания работоспособности требует особого режима сна, отдыха и приема пищи. Целесообразнее время для сна делить на две части (дробный сон) - 4-5 ч после работы в ночную смену и 3-4 ч перед ее началом. Периодичность перехода трудящихся для работы из одной смены в другую должна быть не короче и не длиннее недели. При работах без нервно-психических перегрузок увеличивает работоспособность

использование функциональной музыки (перед началом, в середине и в конце каждой смены). Снижает утомление отдых в специальных комнатах психологической разгрузки. Отдых после рабочей недели в течение двух дней подряд более продуктивен, чем, например, в воскресенье и четверг. Наконец, совершенно необходимо поддержание благоприятных условий труда, при которых физиологические процессы в организме протекают наиболее эффективно.

## 12 Санитарные требования к устройству объектов предприятия

Основное условие соблюдения безопасности при проектировании предприятий, технологий и оборудования — предотвращение воздействия вредных и опасных производственных факторов на работающих, а также предупреждение негативного влияния этих факторов на окружающую среду. Это условие учтено в соответствующих разделах СНиП и СН, в которых изложены требования по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.

В целях обеспечения безопасности и в соответствии с Федеральным законом от 30.10.99 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, устанавливается санитарно-защитная зона. Размер санитарно-защитной зоны зависит от характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, условий эксплуатации и определен требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» с изменениями №1 СанПиН 2.2.1/2.1.1. 2361-08 и №2 СанПиН 2.2.1/2.1.1. 2555-09.

Основные требования к зданиям производственного назначения изложены в СанПиН 2.2.1.13-5-2006 «Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий» и СНиП 2.09.02-85* «Нормы проектирования. Производственные здания».

На территории объекта выделяются функциональные зоны:

1) производственная; 2) административно-хозяйственная; 3) транспортно-складская; 4) вспомогательных объектов.

На объектах, использующих вредные вещества, административно-хозяйственная и вспомогательная зоны отделяются от производственной и транспортно-складской разрывами шириной не менее ширины циркуляционных зон, возникающих от сопредельных производственных зданий.

При планировке производственных помещений нужно учитывать санитарную характеристику производственных процессов, соблюдать нормы полезной площади для работающих, а также нормативы площадей для размещения оборудования и необходимую ширину проходов, обеспечивающих безопасную работу и удобное обслуживание оборудования.

Объем производственного помещения на одного работающего должен составлять

15 $м^3$ при выполнении легкой физической работы с категорией энергозатрат 1а – 1б;

25 $м^3$ при выполнении работ средней тяжести с категорией энергозатрат IIа – IIб;

30 $м^3$ при выполнении тяжелой работы с категорией энергозатрат III.

Площадь помещений для одного работника должна составлять не менее 4,5 $м^2$.

Высоту помещений выбирают в зависимости от характера технологического процесса такой, чтобы обеспечивалось удаление избыточных количеств теплоты, влаги и газов, но не менее 3 м. В помещениях, где предполагается устройство аэрации, для создания необходимого теплового напора от теплоизлучающей поверхности высота должна быть не менее 4...6 м. Ширину пешеходных галерей принимают в пределах 0,3...1,5 м, проходов между стеллажами — не менее 1 м.

Стены и потолки зданий должны быть достаточно теплостойкие, чтобы на их внутренних поверхностях не конденсировалась влага. Поверхности ограждающих

строительных конструкций следует выполнять ровными из материалов, устойчивых к химически агрессивной среде и легко обрабатываемых при проведении влажной уборки и дезинфекции. Полы должны быть ровные, гладкие, но нескользкие, иметь низкую теплопроводность, не выделять пыли и возвышаться над уровнем прилегающей территории на величину не менее 0,15 м. Допустимая высота порогов менее 0,1 м.

В помещениях, где используется транспорт, обязательно разделяют зоны проезда транспорта и прохода людей. Постоянные рабочие места огораживают.

В местах возможного воздействия агрессивных жидкостей (кислот, щелочей и др.) и таких вредных веществ как ртуть, растворители, биологически активные вещества применяются покрытия полов, устойчивые к действию указанных веществ, не допускающие их сорбцию и хорошо поддающиеся очистке и обезвреживанию.

Оборудование, работающее с выделением пыли или шума, должно устанавливаться в отдельном помещении, изолированном от других шумо- и пыленепроницаемыми перегородками (стенами). Эти помещения должны быть оборудованы вентиляцией и местными отсосами в каждом месте выделения пыли.

Каждое производственное помещение должно иметь основной проход шириной не менее 2 м, выходящий на лестничную клетку или непосредственно наружу. Для крупных цехов ширина главного (центрального) проезда должна быть не менее 6 м. В цехе (участке) надо иметь не менее двух выходов, устроенных в местах, наиболее не целесообразных для выхода персонала. Границы проходов и проездов нужно отмечать контрастными по отношению к цвету пола полосами шириной не менее 50 мм или другими техническими средствами.

Дверные проемы для транспортировки грузов должны соответствовать габаритам применяющихся транспортных средств с грузом и обеспечивать свободные проходы по обе стороны этих габаритов шириной не менее 0,7 м..

Размещение складских помещений в одном здании с производственными помещениями не должно противоречить условиям технологического процесса, санитарным и противопожарным требованиям. Складские помещения, отнесенные к взрыво- или пожароопасным помещениям, следует располагать в отдельно стоящих одноэтажных зданиях или сооружениях, примыкающих к производственному зданию. Подвальные помещения и тоннели должны иметь не менее двух выходов, устроенных в местах, наиболее целесообразных для выхода работающих.

Помещения, в которых выделяется большое избыточное количество влаги или явного тепла (более 83,8кДж/(м3- ч), следует располагать у наружной стены здания с подветренной стороны. Ворота и технологические проемы в наружных стенах зданий, как правило, проектируют с тепловыми воздушными завесами, а входы в отапливаемые здания —с двойными тамбурами при глубине открытия каждого отделения из них не менее 1,2 м.

Большое значение для охраны труда имеет водоснабжение предприятий. Оно должно обеспечить потребность предприятия в питьевой воде, для хозяйственно-гигиенических, производственных и противопожарных целей. Различают два вида водоснабжения: централизованное и децентрализованное. При централизованном водоснабжении вода подается по трубопроводам общего пользования, а при децентрализованном –поступает из местных источников (колодцев, родников, водоемов).

Выбор источников хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо согласовывать с местными администрациями и местными органами санитарно-эпидемиологической службы. Качество воды должно отвечать требованиям ГОСТа на питьевую воду. Применение сырой воды для питья допускается только с разрешения органов санитарно-эпидемиологической службы.

Все предприятия согласно санитарным правилам и нормам должны иметь канализационные сооружения, предназначенные для приема, удаления и обезвреживания сточных вод, а также отведения их на определенные участки. На предприятиях, не имеющих канализации, устраивают дворовые туалеты и бетонные ямы, которые сооружают в соответствии с

правилами безопасности их эксплуатации и санитарно-гигиенических норм.
В производственных и вспомогательных помещениях освещение, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха обеспечивают оптимальные параметры воздушной среды (производственного микроклимата), способствующие сохранению здоровья человека и повышению его трудоспособности.

Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий.

В составе каждого предприятия имеются вспомогательные помещения и устройства, которые подразделяются на пять групп: санитарно-бытовые помещения и устройства, помещения общественного питания, помещения медицинского профиля, помещения и устройства культурного обслуживания, помещения управления и общественных организаций.

Эти помещения предназначены для удовлетворения социально-бытовых потребностей трудящихся во время работы.

Санитарно-гигиенические требования к составу, размещению, размерам и оборудованию вспомогательных помещений изложены в действующих строительных нормах и правилах СНиП 2.09.04 "Административные и бытовые здания".

Важным видом вспомогательных помещений являются санитарно-бытовые помещения и устройства, к которым относятся: гардеробные, курительные комнаты, комнаты отдыха, уборные, душевые, помещения для обогрева и охлаждения, обработки, хранения и выдачи спецодежды,.

В организации должны быть посты для оказания первой помощи работникам, укомплектованные аптечками. Требования к комплектации аптечек для оказания первой помощи утверждены приказом Минздравсоцразвития РФ от 5.03.2011 г. № 169н.

Здравпункты должны быть на предприятиях со списочной численностью работающих 300 человек и более.

В основу выбора состава и количества общих и специальных бытовых помещений и устройств положена санитарная характеристика производственного процесса. СНиП 2.09.04 "Административные и бытовые здания" установлены группы производственных процессов в зависимости от характера и степени воздействия на работающих , которые разделены на четыре группы, каждая из которых имеет еще ряд подгрупп.

25.4. Классификация производственных процессов В соответствии с санитарной характеристикой производственные процессы подразделяются на четыре группы, а каждая из них — еще на 2—5 подгрупп. К первой группе относятся производственные процессы, протекающие при нормальных метеорологических условиях и при отсутствии вредных газов и пылевых выделений. Ко второй группе относятся производственные процессы, протекающие при неблагоприятных метеорологических условиях или связанные с выделением пыли, а также напряженной физической работой. К третьей группе относятся процессы, характеризующиеся наличием резко выраженных вредных факторов. К четвертой группе относятся процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции, а именно: - связанные с переработкой пищевых (продуктов, производством стерильных материалов, которые требуют особой чистоты).

25.5. Основные требования к водоснабжению и канализации Производственные помещения должны быть оборудованы системами производственного, противопожарного и хозяйственнопитьевого водопроводов, хозяйственно-бытовой и производственной канализацией. Исключения составляют небольшие производства (с количеством работающих до 25 человек в смену), которые размещены в районах без центральной системы водопровода и канализации. При проектировании систем водоснабжения и канализации необходимо внедрять наиболее прогрессивную технологию и оборудование для подготовки и подачи воды, отведения и очистки промышленных стоков, обеспечивать наименьшее загрязнение сточных вод, возможность утилизации и использования отходов производства. Норма расхода воды на питьевые и бытовые нужды для цехов со

значительными выделениями тепла на одного человека в смену должна составлять 45 л, а для других цехов и отделений — 25 л. В проходах между цехами, вестибюлях, помещениях для отдыха необходимо предусматривать фонтанчики или установки с газированной водой. В горячих цехах должны быть предусмотрены места площадью 3 м2 для уста- 212 новок с охлажденной подсоленной газированной водой (5 г соли на 1 л воды). Расстояние от наиболее отдаленного рабочего места до устройств питьевого водоснабжения не должно превышать 75 м. Не допускается соединение сетей хозяйственно-питьевого водопровода с сетями специальных производственных и противопожарных водопроводов, которые подают непитьевую воду. Все сточные воды спускаются в городскую канализационную систему. Слив в канализационную сеть отработанных растворов кислот, щелочей, электролитов и других химических веществ допускается только после их нейтрализации и очистки. Запрещается сливать в канализационную сеть толуол, ацетон, бензин, минеральные масла. С участков шлифования, полирования и при применении мокрых способов обработки пылевых материалов сточные воды должны поступать в систему общей канализации через отстойники. На отдельных участках канализационных сетей необходимо располагать устройства для улавливания нефтепродуктов.

## 13 Промышленная вентиляция

### **1.1** Общие сведения

Производственные процессы, как правило, сопровождаются выделением вредных агентов в виде тепла, влаги, паров, пыли, токсических газов. Распространяясь по помещению, они приводят к изменению состава и состояния воздушной среды, что, в свою очередь, может вызвать отклонения в состоянии здоровья работающих, а также неблагоприятно повлиять на производительность труда.

Если меры технологического, строительного и организационного характера не могут обеспечить нужных условий труда, тогда для создания нормативных санитарно–гигиенических условий на рабочих местах используют вентиляцию. Она призвана обеспечивать в обслуживаемой ею рабочей зоне помещений допустимые (комфортные) метеорологические условия и чистоту воздуха в целях поддержания нормального самочувствия рабочих и повышения их работоспособности.

На ряде предприятий (текстильных, табачных, кондитерских фабрик и др.) производственная вентиляция обеспечивает также заданные условия воздушной среды, в частности, необходимую по технологическим параметрам влажность воздуха в помещении.

По способу побуждения воздуха вентиляция разделяется на естественную и механическую (искусственную). Возможна смешанная вентиляция, т.е. сочетание вентиляции естественной и механической.

Естественная вентиляция может осуществляться, во– первых, за счёт разности температур воздуха в помещении и вне его, что приводит к разности плотностей наружного и внутреннего воздуха и созданию давления, называемого «тепловым напором».

Во–вторых, если воздух поступает в помещение под воздействием ветра (через проёмы, неплотности и поры в стенах), то в этом случае говорят о действии «ветрового напора».

Формы естественной вентиляции – инфильтрация (неор- ганизованное проникновение наружного воздуха через неплотности, щели в оконных рамах, световых фонарях, поры в сте- нах), проветривание (частично регулируемое поступление воз- духа через окна, фрамуги) и аэрация (осуществляемая при дей- ствии теплового и ветрового напоров).

Механическая вентиляция осуществляется за счёт работы специальных механических установок – вентиляторов или эжекторов (механических побудителей движения воздуха), способствующих нагнетанию или извлечению воздуха. Она организуется, если метеорологические условия и чистота воздуха в помещениях не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением.

По функциональному признаку вентиляцию делят на при- точную, осуществляющую подачу чистого воздуха в помеще- ние, вытяжную, предназначенную для удаления загрязненного воздуха, и приточно–вытяжную.

По форме организации воздухообмена различают вентиляцию общую, точнее – общеобменную (с рассеянной или сосредоточенной подачей или удалением воздуха из всего объема помещения), местную и зональную.

**1.2** Естественная вентиляция

Такие виды естественной вентиляции, как инфильтрация и проветривание способны в очень малой степени способствовать обмену воздуха в производственных помещениях. Так, инфильтрация может обеспечить лишь двукратный обмен воздуха, проветривание – несколько больше.

Правильно же спроектированная и организованная аэрация может довести воздухообмен до сотен тысяч кубометров в час.

Аэрация – организованная управляемая вентиляция – осуществляется в результате теплового или ветрового напора при их одновременном или раздельном действии.

Использование аэрации эффективно в горячих цехах предприятий таких промышленных отраслей как металлургия, машиностроение и др., где имеются источники интенсивного тепловыделения (сталеплавильные, прокатные, электродуговые, закалочные печи, нагревательные горны и т.д.) и в связи с этим в воздух выделяется большое количество тепла. Разность температур наружного и внутреннего воздуха приводит к разности его плотности. Поэтому тепловой напор тем сильнее, чем больше разница температур вне и внутри цеха.

Наружный воздух проникает в здание через оконные окна, смешивается с нагретым внутренним воздухом и устремляется вверх – к аэрационным фонарям.

**1.3** Механическая вентиляция

Предназначением механической вентиляции является полное удаление загрязнителей воздушной среды из рабочего помещения для дальнейшего их улавливания. При общеобменной вентиляции необходимый воздухообмен достигается подачей чистого воздуха в количестве, обеспечивающем разбавление вредностей, выделяющихся равномерно по всему помещению, до допустимых концентраций, или ассимиляцию тепла. При механической вентиляции можно производить обработку воздуха (охлаждение, нагревание, увлажнение, улавливание пыли, вредных газов), поступающего и удаляемого из производственного помещения.

Подача и извлечение воздуха производится при помощи вентиляторов или эжекторов за счёт использования механической энергии, электродвигателей, нагнетающих или извлекающих воздух из помещения.

Если по технологическим особенностям производства не- возможно создать глухие укрытия, то вредность удаляется через пылегазоприемники, которые устанавливаются вблизи источни- ка вредностей. Вентиляцию, при которой организованы приток и вытяжка воздуха, называют приточно–вытяжной.

Механическая вентиляция представляет собой сложную схему, включающая средства побуждения движения воздуха (вентиляторы), воздуховоды, устройства очистки воздуха от пыли, устройства для нагревания или охлаждения, осушения или увлажнения воздуха, воздухозаборные и распределительные устройства.

Приточная механическая вентиляция подает воздух, рас- пределяя его по всему помещению равномерно (общая приточная вентиляция) или в определенные места (местная приточная вентиляция). Данный вид вентиляции служит для разбавления воздуха и доведения параметров микроклимата (температуры, относительной влажности), пыли, вредных газов до гигиенических нормативов. Приточный воздух подается в помещение, как правило, с постоянным пребыванием людей.

**1.4** Санитарный надзор за вентиляцией

Контроль осуществляется за состоянием воздушной среды в рабочей зоне при измерении следующих параметров: темпера- туры, относительной влажности и скорости движения

воздуха, концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, интен- сивности теплового облучения и работы вентиляционных си- стем (по ряду параметров вентиляции), скорости и температуры воздушных потоков, производительности, развиваемом давле- нии и числом оборотов вентилятора, разности давлений или разрежений, концентрации вредных веществ в приточном воз- духе, шуме и вибрации элементов вибрационных систем и др.
Замеренные параметры воздушной среды сравниваются с действующими нормами.
Отбор проб для определения концентрации вредных веществ производится в зоне дыхания работающих.
При измерении параметров микроклимата точки измерения располагаются равномерно по цеху при

14 Вредные вещества

В воздухе рабочей зоны могут находиться вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.
Состав чистого воздуха – это азот 78,08 %; кислород 20,94 %; аргон, неон, другие инертные газы и водяной пар 0,94 %; углекислый газ 0,03 %; прочие газы 0,01%.
Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований пр санитарии могут вызывать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Вредные вещества – это химический опасный и вредный производственный фактор.

Действие на организм

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на следующие группы:
а) общетоксические – вызывают отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ароматические углеводороды, ртуть, свинец, фосфор);
б) раздражающие – вызывают раздражение слизитых оболочек дыхательных путей, глаз, лёгких, кожи. Изменяют реактивную способность организма. Вызывают профзаболевания – дерматиты, бронхиальная астма (аммиак, хлор, сероводород, сильные щелочи, кислоты,);
в) сенсибилизирующие – вызывают аллергические реакции (формальдегид, растворители, лаки, некоторые антибиотики - эритромицин);
г) канцерогенные – вызывают злокачественные или доброкачественные новообразования (асбест, смола ароматичные углеводороды)
д) мутагенные – нарушают генетический код клеток, наследственной информации. (свинец, ртуть, формальдегид, радиоактивные и наркотические вещества);
е) влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (бензол, сероуглерод, ртуть, свинец).
По характеру токсичности вв делятся на:
Раздражающие – разрушающие кожный покров и слизистые оболочки (фтор, хлор и др.);
Удушающие – разрушающие органы дыхания (аммиак, сероводород, угарный газ и др.);
Наркотические – действующие на кровь (ацетилен, бензол, финол и др.);
Соматические – действующие на нервную систему (свинец, мышьяк, митиловый спирт, сероводород)
Проф заболевания от воздействия вв.
Под действием вредных веществ в организме человека происходят различные нарушения. Эти нарушения проявляются в виде острых, хронических отравлений.

В развитии острого профессионального отравления, как правило, имеются две фазы: первая – неспецифических проявлений (головная боль, слабость, тошнота и т.д.) вторая

– специфических (например, отек легких при отравлении оксидами азота или паралич дыхания при отравлении сероводородом).

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении вредных веществ в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются в результате накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им нарушений (функциональная кумуляция). Поражаемые органы и системы в организме при хроническом и остром отравлениях одним и тем же веществом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом в основном страдает нервная система и наблюдается наркотическое действие, при хроническом – система кроветворения.

Действие химических веществ на кожу

Профессиональные заболевания кожи в большинстве случаев развиваются вследствие контакта кожи с одни, двумя или комплексом вредных производственных факторов.

Все химические вещества по их действию на кожу делятся на три основные группы: 1) оказывающие преимущественно раздражающее действие; 2) обладающие фотостимулирующими и фотосенсибилизирующими свойствами; 3) вещества-сенсибилизаторы.

В первую группу входят облигатные раздражители, вызывающие ожоги и изъявления кожи (концентрированные неорганические кислоты и щелочи, некоторые соли тяжелых металлов, вещества кожно-нарывного действия); факультативные первичные раздражители, вызывающие: а) контактные дерматиты (слабо концентрированные растворы кислот, щелочей, органические кислоты, большинство органических растворителей и др.); б) поражение фолликулярного аппарата (смазочные масла, деготь, пек, хлорированные нафталины и др.); в) токсическую меланодермию (нафтеновые углеводороды); г) ограниченные гиперкератозы и эпителиому (бензапрен, бенз-а-пирен, фенантрен и др.).

Во вторую группу включены химические вещества, вызывающие фотодерматиты (пек, гудрон, асфальт, толь).

Третью группу составляют вещества, вызывающие развитие аллергического дерматита, токсикодермии и экземы при контактном и неконтактном (пероральном, ингаляционном) введении аллергена.

Действие химических веществ на органы дыхания

В условиях промышленных производств ингаляционное поступление в организм работающих вредных веществ является наиболее частым. Однако путь вредных веществ всегда определяет место приложения их токсического действия: большая всасывающая поверхность легких способствует быстрому попаданию токсичных веществ в кровеносное русло, органы и ткани, что обуславливает общетоксическое резорбтивное действие ядов. Среди многообразия промышленных ядов значительное место занимают химические вещества раздражающего действия, токсический эффект которых проявляется путем прямого попадания в дыхательные пути, вызывая различные формы их поражения. Раздражающий эффект этих веществ может проявляться не только при воздействии на органы дыхания, но и при контакте с кожей, а также при попадании в глаза. Известны сочетанные формы интоксикаций, при которых одновременно наблюдается поражение органов дыхания, глаз и кожных покровов.

Комбинированное действие вредных веществ.

В связи со сложностью и многостадийностью химических производств в этих условиях на рабочих могут воздействовать одновременно несколько вредных химических веществ. Проявляется комбинированное действие ядов, то есть одновременное или последовательное действия на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Эти вещества могут использоваться в виде сырья, промежуточного и готового продуктов. Некоторые из них являются побочными продуктами технологического процесса. В других отраслях промышленности, таких как

металлургической, машиностроительной, в сельском хозяйстве и химико-фармацевтической промышленности также возможно комбинированное действие веществ.

a. Гигиеническое нормирование

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ применяют гигиеническое нормирование их содержания в воздухе рабочей зоны.

Вредное действие химических веществ на организм человека изучает специальная наука — токсикология.

Токсикология — это медицинская наука, изучающая свойства ядовитых веществ, механизм их действия на живой организм, сущность вызываемого ими патологического процесса (отравления), методы его лечения и предупреждения. Область токсикологии, изучающая действие химических веществ на человека в условиях производства, называется промышленной токсикологией.

Токсичность — это способность веществ оказывать вредное действие на живые организмы. Основным критерием (показателем) токсичности вещества является ПДК (единицей измерения концентрации является мг/м3). Показатель токсичности вещества определяет его опасность.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м$^3$ – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

При установлении ПДК вредных веществ руководствуются следующими основными принципами:

– Принцип порогового действия всех типов вредных веществ (в том числе мутагенного и канцерогенного действия). Есть концентрации, при которых нет вредного воздействия на человека, при превышении порога происходит переход количества в качество и начинается вредное действие.

– Принцип приоритета медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов по сравнению с технической достижимостью и экономическими требованиями сегодняшнего дня.

- Принцип опережения токсикологических исследований и установления гигиенических нормативов по сравнению с внедрением вещества в производство.

Методы защиты от воздействия вредных веществ делят на 3 группы:

1.Технические (основное направление – не допускать проникновения вредных веществ в воздух рабочей зоны):

- замена ядовитых веществ неядовитыми или менее ядовитыми. Например, ограничение или исключение применение таких растворителей, как бензол, дихлорэтан.

- гигиеническая стандартизация химического сырья и продукции. Примерами могут служить ограничение содержания ароматических углеводородов в бензинах, метилового спирта - в гидролизном спирте.

комплексная механизация и автоматизация технологических процессов;

герметизация технологического оборудования и коммуникаций;

своевременный ремонт оборудования;

промышленная вентиляция.

2.Медико–санитарные:

систематический контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

организация рационального и лечебного питания,

использование антидотов для профилактики профессиональных заболеваний.

регистрация и расследование всех случаев отравления, периодические медосмотры;

3.Организационные:

проведение инструктажей; организация рабочего места;
применение СИЗОД – фильтрующие респираторы и противогазы, изолирующие защитные приспособления. К изолирующим СИЗОД относятся шланговые и кислородные дыхательные аппараты.

## 15 Пыль

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, уменьшает освещенность производственных помещений, может быть причиной профессиональных заболеваний органов дыхания, поражения глаз и кожи, острых и хронических отравлений работников. Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам. Поэтому борьба с пылью является важной гигиенической задачей

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т.е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой – воздух.

Образование пыли и её выделение в воздух рабочей зоны имеет место во многих отраслях промышленности: в горнорудной и угольной промышленности – при бурении породы, взрывных работах, сортировке, измельчении; в машиностроении – при очистке, обрубке литья, шлифовке, полировке изделий; металлургии и химии – при выполнении пирометаллургических процессов выплавке металлов и плавки различных минеральных материалов; на текстильных предприятиях – при очистке и сортировке шерсти, хлопка, прядении, ткачестве и др. В пищевой и перерабатывающей отраслях промышленности основными источниками пылевыделения являются процессы, связанные с измельчением, шлифованием, шелушением, просеиванием, сортировкой полученных продуктов. Понятию «пыль» близки понятия «туман» и «дым», которые вместе с пылью объединяются общим термином «аэрозоль».

Классифицируют производственную пыль по происхождению на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть животного происхождения (шерстяная, костная), растительного происхождения (древесная, хлопковая, чайная) или синтезированной из различных соединений (искусственная – пыль пластмасс, красителей, смол и др.), быть носителем микроорганизмов, клещей.

Химический состав пыли влияет на ее биологическую активность. Различают четыре вида биологического воздействия пыли по химическому составу:

- фиброгенное воздействие, т. е. свойство пыли вызывать фиброз – разрастание соединительной ткани (рубцовой ткани),которая нарушает нормальное строение и функции легких; фиброгенность пыли зависит главным образом от содержания в ней свободной двуокиси кремния;
- аллергенное воздействие, т. е. свойство пыли вызывать у человека повышенную чувствительность к повторному воздействию пыли (например, пыль канифоли, хлопка, соломы, сосны, шерсти и т. д.);
- токсическое воздействие, т. е. способность некоторых видов пыли (в основном металлов) всасываться в кровь, вызывая общее отравление организма;
- раздражающее действие – свойство пыли некоторых веществ вызывать раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, которое сопровождается чиханием, кашлем, местными воспалительными процессами;

К раздражающим пылям относятся: минеральная – а) песочно-кварцевая, также пыль, образующаяся в технологических операциях (размоле, просеивании, смешивании, транспортировке и т. п.);

б) металлическая – чугунная, железная, медная, алюминиевая, цинковая и другие, образующиеся при разных видах механической обработки металлов;
в) древесная, образующаяся при обработке древесины;
г) полимерная, возникающая на различных стадиях технологических процессов переработки полимеров (полиэтиленовая, полистирольная, фенолформальдегидная и т. д.);
По воздействию на организм человека пыли подразделяются на ядовитые и неядовитые.
Ядовитая пыль, растворяясь в биологических средах организма вызывает отравление. Например, свинец, проникая в организм человека вместе с вдыхаемым воздухом, вызывает изменение в нервной системе, крови и сосудах, дыхательных путях.
Неядовитая может воздействовать на организм, раздражая кожу, глаза, уши, дёсны, а проникая в лёгкие, вызывать профессиональные заболевания. Неядовитая пыль, кроме того, может явиться переносчиком микробов, адсорбировать ядовитые или радиоактивные вещества, приобретать электрический заряд, что увеличивает ее вредное воздействие.

Действие на организм

Качество воздуха в помещениях, его воздействие на организм человека в значительной мере обусловлены содержанием в нём взвешенных частиц и, главным образом, пыли. Присутствие в воздухе пыли самым непосредственным образом отражается на здоровье человека, находящегося в производственном помещении. Пыль технологического происхождения, в том числе пыль пищевых производств, характеризуется большим разнообразием по всем основным свойствам: химическому составу, размеру частиц, их форме, характеру краёв частиц, плотности и так далее. Соответственно очень разнообразно воздействие пыли на организм человека. Пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение дыхательных органов острыми кромками пыли), химического (отравление, интоксикация, накопление) и бактериологического (проникновение в организм вместе с пылью болезнетворных бактерий).
Пылевые частицы размером 5 мкм и меньше способны проникать глубоко в лёгкие, вплоть до альвеол. Пылинки размером 5–10 мкм в основном задерживаются в верхних дыхательных путях и в бронхах, а в лёгкие попадают в небольшом количестве. Частицы размером более 10 мкм почти не проникают в лёгкие, задерживаясь в верхних дыхательных путях, и обычно довольно быстро осаждаются.

Гигиеническое нормирование

Гигиеническое нормирование – основа проведения мероприятий по борьбе с пылью. В России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе, соблюдение которых при работе длительностью не более 8 ч в день в течение всего трудового стажа не приводит у работающих к заболеваниям или отклонениям в состоянии здоровья.
Нормирование АПФД в воздухе осуществляется по гравиметрическому показателю – по массе вещества, содержащегося в 1 $м^3$ воздуха.
Гравиметрический метод измерения концентрации пыли реализуется путём осаждения частиц на фильтре из протягиваемого через него воздуха.
В соответствии с ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ПДК веществ, относящихся к АПФД, являются среднесменными ($ПДК_{сс}$). АПФД контролируют по среднесменным концентрациям ($С_{сс}$, $мг/м^3$). $С_{сс}$ – концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб в зоне дыхания работающих при основных технологических операциях. Зона дыхания – пространство в радиусе до 50см от лица работающего.
Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют в соответствии с Р2.2.2006–05, исходя из фактических величин $С_{сс}$ АПФД и кратности превышения $ПДК_{сс}$.

В санитарно–гигиеническом законодательстве (Р 2.2.2006–05) закреплено представление о значимости пылевых нагрузок на органы дыхания, как суммарных экспозиционных дозах пыли за весь период профессионального контакта. Пылевая нагрузка рассчитывается как произведение среднесменной концентрации пыли, индекса объёма лёгочной вентиляции в зависимости от тяжести работ, числа рабочих смен в году и общего числа лет работы в контакте с пылью.

Методы определения (оценки) запылённости воздуха разделяют на две группы:

- Первая группа предполагает выделения пылевых частиц весовым или счётным методом.
- Вторая группа предполагает выделение дисперсной фазы из аэрозоля одним из принципов: фотометрический, радиоизотопный, фотоэлектрический, оптический, акустический, электроиндукционный.

При весовом методе определения запылённости воздуха используется электроаспиратор ЭА-30. С помощью этого устройства запыленный воздух протягивают через фильтр. Затем взвешивают фильтр и определяют ее массу мг/ $м^3$.

Счетный метод позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры пылевых частиц.

Основными мероприятиями по снижению запылённости воздуха производственных помещений являются: изменение технологии производства, автоматизация труда, рациональное размещение санитарно–технических устройств, устройство системы аспирации с последующей пылеочисткой, увлажнение сырья, укрытие пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытий; пылеподавление водой и водяным паром, механическая местная вытяжная вентиляция, влажная уборка. Если нет возможности снизить запылённость воздуха в рабочей зоне необходимо применять СИЗ – респираторы, шлемы, защитные очки, скафандры с подачей чистого воздуха, противопылевая одежда, защитные мази и пасты. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях.

Лечебно–профилактические мероприятия включают предварительный и периодический медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. Сроки проведения периодических медицинских осмотров зависят от вида производства, профессии, уровня содержания диоксида кремния в пыли.

Противопоказаниями для приема на работу в условиях возможного пылевого воздействия являются туберкулез лёгких, хронические заболевания органов дыхания, сердечно–сосудистой системы, глаз, кожи.

Система лечебно–профилактических мероприятий включает ингалятории, фотарии, санатории–профилактории.

## 16 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Наибольшее количество информации (около 90%) об окружающем нас мире человек получает посредством зрения. Качество этой информации во многом зависит от освещения. В связи с этим обеспечение гигиенически рационального естественного и искусственного освещения имеет важное значение для нормальной жизнедеятельности и работоспособности человека. Уровень освещенности оказывает влияние на психические функции и физиологические процессы в организме человека.

Комплекс световых реакций человека, возникающий при воздействии лучистой энергии солнца в его оптическом спектре, т.е. в диапазоне ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных излучений, представляет собой природную световую среду, или световой климат.

Из всего спектра электромагнитных колебаний только видимый спектр излучения

воздействует на светочувствительные элементы глаза, создавая ощущение света. Наибольшая чувствительность глаза наблюдается к колебаниям с длиной волны 555 нм, которые воспринимаются как желто-зеленый цвет. Чувствительность глаза к желто-зеленому цвету принимается равной 1.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций человека находится на низком исходном функциональном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает опасность травматизма.

Требования к производственному освещению

1 Освещенность на рабочих местах должна соответствовать характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочих поверхностей от 100 до 1000 лк улучшает условия видения объектов, повышает производительность труда на 10–20 %, уменьшает брак на 20 %, снижает количество несчастных случаев на 30 %.

При 1000 лк утомление имеет минимальное значение. Однако существует предел, когда дальнейшее увеличение освещенности почти не дает эффекта (Е более 1000 лк) и является экономически нецелесообразным.

2 Достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности. При неравномерной яркости в процессе работы глаз вынужден переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения. Степень неравномерности освещенности определяется коэффициентом неравномерности, - отношением максимальной освещенности к минимальной. Чем выше точность работ, тем меньше должен быть коэффициент неравномерности. Равномерность освещенности достигается рациональной схемой размещения светильников, системой освещения.

3 Отсутствие резких теней на рабочих поверхностях. В поле зрения человека резкие тени искажают размеры и формы объектов различения, что повышает утомление зрения, а движущиеся тени могут привести к травмам.

4 Отсутствие блескости. Блескость вызывает нарушение зрительных функций – ослепленность, возникающую при наличии в поле зрения чрезмерно большой яркости и приводящей к быстрому утомлению и снижению работоспособности. Блеклость - это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов.

Различают блеклость прямую (создается источниками света и осветительными приборами - светильники, окна) и отраженную (от зеркальных поверхностей). Способом защиты от прямой блеклости является понижение яркости источника света с помощью отражателей и рассеивателей, правильный выбор защитного угла светильника и высоты его подвеса. Ослабление отраженной блеклости может быть достигнуто правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, изменением угла наклона рабочей поверхности, устройством отраженного освещения, заменой блестящих поверхностей матовыми.

5 Постоянство освещенности во времени. Колебания освещенности вызывают переадаптацию глаза, приводят к значительному утомлению.

6 Правильная цветопередача. Спектральный состав света должен отвечать характеру работы.

7 Обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности. Неправильная эксплуатация, ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок в пожаро- и взрывоопасных цехах (неправильный выбор светильников, проводов), могут привести к взрыву, пожару и несчастным случаям.

8 Экономичность. Определяется, во-первых, экономическими и эксплуатационными характеристиками источника света (светоотдача и срок службы лампы) и, во-вторых, является основой выбора варианта проектного решения осветительной установки. Основные санитарно- гигиенические требования к производственному освещению сформулированы в СНиП 23-05–95, отраслевых нормах и др.

Виды производственного освещения. В зависимости от источника света освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным. Искусственное освещение применяется в темное время суток и в помещениях, где нет естественного освещения. Источниками искусственного освещения являются лампы накаливания (ЛН) и газоразрядные лампы (ГРЛ).

Естественное освещение может быть верхним и боковым. Искусственное местным, общим и комбинированным. По функциональному назначению освещение подразделяется на: рабочее, аварийное, и специальное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений

Аварийное освещение (в помещениях и на местах производства наружных работ) нужно предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, нарушению работы электростанций. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Специальное освещение может быть эвакуационным, охранным, ремонтным, сигнальным, бактерицидным и эритемным.

Гигиеническое нормирование

Нормирование освещения осуществляется на основании санитарных правил и норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 –03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», строительных норм и правил СНиП 23-05–95 «Естественное и искусственное освещение», согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

Нормы предусматривают наименьшую требуемую освещенность рабочих поверхностей производственных помещений, исходя из условий зрительной работы. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, который требуется воспринимать глазом в процессе работы.

В зависимости от размера объекта различения (от менее 0,15мм до более 5мм) все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на 8 разрядов (I-VIII), которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на 4 подразряда (а, б, в, г).

Уровни освещенности установлены для каждого подразряда работ. При этом освещенность тем выше, чем темнее фон, меньше размер детали и контраст ее с фоном.

Для работ высших разрядов (от I до V) значения освещенности устанавливаются в зависимости от системы общего или комбинированного освещения. Для остальных низших разрядов (Vв - VIIIв) работ малой точности или грубых нормируется освещенность только системы общего освещения. Местное освещение при таких работах нецелесообразно или невозможно. Для работ 1 разряда зрительных работ (например, обработка драгоценных камней - 1500 лк, в лекционных залах 500 лк, для грубых работ 100-200 лк)

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности).

Следует отметить, что в ряде случаев СниП предусматривают как повышение, так и понижение уровней освещенности в зависимости от характера работы.

Увеличение освещенности предусматривается при повышенной опасности травматизма или при выполнении напряженной зрительной работы в течение всего

рабочего дня. Понижается освещенность при кратковременном пребывании людей в помещении и наличии оборудования, не требующего постоянного наблюдения.

Нормирование естественного освещения

Вследствие крайней изменчивости природного освещения не только в течение суток, но даже в течение коротких промежутков времени для нормирования и расчета естественного освещения помещений принята относительная величина, называемая коэффициентом естественной освещенности (КЕО), который равен отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба (непосредственно или после отражений) $Е_{вн}$, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $Е_{н}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженному в процентах:

КЕО=Евн/Ен 100. Значение коэффициента естественной освещенности в соответствии со СНиП 23-05–95 находится в пределах 0,1–10 %.

17 Производственный шум

Сочетание звуков различной частоты и интенсивности называется шумом. Шумом являются всякого рода звуки, мешающие восприятию полезных звуков или нарушающие тишину, и также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.

Звук как физическое явление представляет собой волновое колебание упругой среды. Звуковые волны возникают в том случае, когда в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды приходят в колебательное движение в продольном или поперечном направлении в результате воздействия на них какой-либо возмущающей силы.

Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие или газообразные среды. Колебательные возмущения, распространяющиеся от источника звука в окружающей среде, называются звуковыми волнами, а пространство, в котором они наблюдаются, – звуковым полем.

В газообразной среде (воздухе) могут распространяться только продольные волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волн.

Направление распространения звуковой волны называется звуковым лучом. Фронт волны перпендикулярен звуковому лучу. В общем случае фронт волны имеет сложную форму, но в практических случаях ограничиваются рассмотрением трех видов волн: плоской, сферической и цилиндрической. В виде плоской волны звук распространяется, когда размеры источника звука больше, чем длина излучаемой звуковой волны. Плоская волна образуется на значительных расстояниях от источника любых размеров.

С физиологических позиций звук – это ощущение, возникающее в ухе человека в результате изменения давления.

Звуковое давление измеряется в Паскалях (1 Па=1 Н/м$^2$). Ухо человека ощущает звуковое давление от 2–10$^{-5}$ до 2–10$^2$ Н/м$^2$.

Звуковые волны являются носителями энергии. Звуковая энергия, которая приходится на 1 м$^2$ площади поверхности, расположенной перпендикулярно к распространяющимся звуковым волнам, называется силой звука и выражается в Вт/м$^2$. Так как звуковая волна представляет собой колебательный процесс, то он характеризуется такими понятиями, как период колебания (Т) – время, в течение которого совершается одно полное колебание, и частота колебаний (Гц) – число полных колебаний за 1 с. Совокупность частот дает спектр шума.

Шумы содержат звуки разных частот и различаются между собой распределением уровней по отдельным частотам и характером изменения общего уровня во времени. Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11 000 Гц, включающий 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами в 31,5; 63; 125; 250;

500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Орган слуха различает не разность, а кратность изменения звуковых давлений, поэтому интенсивность звука принято оценивать не абсолютной величиной звукового давления, а его уровнем, т.е. отношением создаваемого давления к давлению, принятому за единицу сравнения.

В диапазоне от порога слышимости до болевого порога отношение звуковых давлений изменяется в миллион раз, поэтому для уменьшения шкалы измерения звуковое давление выражают через его уровень в логарифмических единицах – децибелах (дБ).

Ноль децибел соответствует звуковому давлению $2–10^{-5}$ Па, что приблизительно соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.

В качестве интегральной (одним числом) характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА (измеренных по так называемой шкале А шумомера), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учётом биологического действия звуков разных частот на слуховой анализатор.

**8.1** Источники шума

Шум является одним из наиболее распространённых неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих, сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижением производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма.

В настоящее время трудно назвать производство, на котором не встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К наиболее шумным относятся горнорудная и угольная, машинно–строительная, металлургическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно–бумажная, радиотехническая, легкая и пищевая, мясомолочная промышленности и др.

На заводах железобетонных конструкций шум достигает 105–120 дБА. Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленностях. Так, на рабочем месте рамщика и обрезчика уровень шума колеблется от 93 до 100 дБА с максимумом звуковой энергии в области средних и высоких частот. В этих же пределах колеблется шум в столярных цехах, а лесозаготови- тельные работы (валка, трелевка леса) сопровождаются уровнем шума от 85 до 108 дБА за счет работы трелевочных лебедок, тракторов и других механизмов.

Подавляющее большинство производственных процессов в прядильных и ткацких цехах также сопровождается образованием шума, источником которого является бойковый механизм ткацкого станка, удары погонялки челнока. Наиболее высокий уровень шума наблюдается в ткацких цехах – 94–110 дБА.

Наиболее шумными операциями в машиностроении, в том числе, авиастроении, автомобилестроении, вагоностроении и др. следует считать обрубные и клепальные работы с использованием пневматических инструментов, режимные испытания двигателей и их агрегатов различных систем, стендовые испытания на вибропрочность изделий, барабанную готовку, шлифовку и полировку деталей, штампопрессовую заготовку.

Для нефтехимической отрасли характерными являются высокочастотные шумы различных уровней за счет сброса сжатого воздуха из замкнутого технологического цикла химических производств или от оборудования, работающего на сжатом воздухе, например, сборочных станков и вулканизационных линий шинных заводов.

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. Так, интенсивный шум характерен для плавильных, прокатных и трубопрокатных производств. Из производств, относящихся к этой отрасли, шумными условиями характеризуются метизные заводы, оснащенные холодновысадочными автоматами.

В лесной и целлюлозно–бумажной отраслях наиболее шумными являются деревообрабатывающие цеха.

В горнорудной и угольной промышленностях наиболее шумными являются операции

механизированной добычи полезных ископаемых как с использованием ручных машин (пневмо- перфораторы, отбойные молотки), так и с помощью современных стационарных и самоходных машин (комбайны, буровые станки и пр.).

Пищевая промышленность – наименее шумная из всех. Характерные для нее шумы генерируют поточные агрегаты кондитерских и табачных фабрик. Однако отдельные машины этих производств создают значительный шум, например, мельницы зерен какао, некоторые сортировочные машины.

В каждой отрасли промышленности имеются цеха или от- дельные компрессорные станции, снабжающие производство сжатым воздухом или перекачивающие жидкости или газооб- разные продукты. Последние имеют большое распространение в газовой промышленности как большие самостоятельные хозяйства. Компрессорные установки создают интенсивный шум.

Шум является также наиболее характерным неблагоприятным фактором производственной среды на рабочих местах пассажирских, транспортных самолетов и вертолетов; подвижного состава железнодорожного транспорта; морских, речных, рыбопромысловых и других судов; автобусов, грузовых, легковых и специальных автомобилей; сельскохозяйственных машин и оборудования; строительнодорожных, мелиоративных и дру гих машин.

Уровни шума в кабинах современных самолетов колеблются в широком диапазоне – 69–85 дБА (магистральные самолеты для авиалиний со средней и большой дальностью полета). В кабинах автомобилей средней грузоподъемности при различных режимах и условиях эксплуатации уровни звука составляют 80–102 дБА, в кабинах большегрузных автомобилей – до 101 дБА, в легковых автомобилях – 75–85 дБА.

Таким образом, для гигиенической оценки шума важно знать не только его физические параметры, но и характер трудовой деятельности человека–оператора, и, прежде всего, степень его физической или нервной нагрузки.

## 18 Вибрация

### Общие сведения

Под вибрацией понимают механические колебания упругих тел, характеризующиеся периодичностью изменения параметров. Вибрация возникает при неправильной балансировке валов, шкивов в машинах и станках, воздействии динамических нагрузок, при работе машин и механизмов ударного действия.

Основными параметрами характеризующими вибрацию являются: виброперемещение, виброскорость и виброускорение.

Виброперемещение (x) – величина отклонения колеблющейся точки от положения равновесия.

Виброскорость м/с (υ) и виброускорение м/с$^2$ (а) являются соответственно первой и второй производной по времени от виброперемещения.

### **9.1** Действие на организм

Вибрация может оказывать на человека как положительное, так и отрицательное действие. Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты, амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и других условий.

При изучении биологического действия вибрации принимается во внимание характер её распространения по телу человека, которое рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это всё туловище с нижней частью позвоночника и тазом (стоящий человек), в другом случае – верхняя часть туловища в сочетании с

верхней частью позвоночника, нагибающийся вперёд (сидящий человек). Независимо от места возбуждения колебания затухают при распространении по телу тем больше, чем выше их частота, причём величина затухания не зависит от уровня интенсивности колебаний в зоне возбуждения.

Благоприятное воздействие оказывает местная вибрация малой интенсивности: восстановление трофических изменений, быстрое заживление ран, притупление боли, улучшение функционального состояния центральной нервной системы и др.

Длительное воздействие общей вибрации может привести к развитию вибрационной болезни.

**9.2** Гигиеническое нормирование

Основным законодательным документом гигиенического нормирования вибрации является СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учётом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости (v) и виброускорения (a), и их логарифмические уровни ($L_v$, $L_a$).

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500;1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5;40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

ПДУ нормируемых параметров производственной локальной вибрации и общей вибрации всех категорий при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблицах СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на человека для длительно-сти смены 8 часов в октавных полосах частот приведены в таблице 5.

Допустимое значение вибрации $U_T$ при длительности её воздействия T менее 480 мин (8 ч) определяется по формуле $U_T=U_{480}\cdot(480/T)^{1/2}$, где $U_{480}$–норма вибрации при длительности воздействия 480 мин. Максимальный уровень вибрации не должен превышать значений, вычисленных для T=30 мин.

9.1 Профилактические мероприятия

Меры профилактики неблагоприятного воздействия вибрации и сопутствующих факторов при работе с виброинструментами включают также организационно–технические, административные и медико–профилактические мероприятия.

Организационно–технические мероприятия:

– Защиту временем – режимы труда, рациональное распределение работ с виброинструментами в течение рабочей смены, рациональное использование регламентированных перерывов;

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с

ручными машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15—20 мин.

– Меры коллективной защиты, особенно при работе на открытых площадках в холодный период года (наличие помещений для обогрева, отдыха и укрытия от неблагоприятных метеорологических условий);

– Средства индивидуальной защиты (антивибрационные рукавицы, противошумные наушники или вкладыши, тёплая специальная одежда; при обводнении и охлаждающем действии воды–водонепроницаемая одежда, рукавицы, обувь).

Административные меры – допуск к работе только исправных и отрегулированных инструментов с виброзащитой, проведение периодического контроля за уровнями вибрации, обеспечение работников эффективными средствами индивидуальной и коллективной защиты, профилактическим питанием, обучение работников правильным способам работы с виброинструментом, прохождение работниками регулярных медицинских осмотров и т.д.).

Медико–профилактические мероприятия включают: проведение периодических и предварительных медицинских осмотров, физиотерапевтические меры, витаминопрофилактику, санаторно–курортное лечение и др.

## 19 Ионизирующее излучение

### **11.1** Общие сведения

Ионизирующим называется излучение, которое, проходя через среду, вызывает ионизацию или возбуждение молекул среды. Ионизирующее излучение (ИИ), так же как и электро- магнитное, не воспринимается органами чувств человека. Поэтому особенно опасно, так как человек не знает, что он подвергается его воздействию.

Различают естественные и искусственные источники ионизирующего излучения. Природное ИИ присутствует повсюду. Оно поступает из космоса в виде космических лучей. Оно есть в воздухе в виде излучений радиоактивного радона и его вторичных частиц. Радиоактивные изотопы естественного происхождения проникают во все живые организмы и остаются в них. Ионизирующего излучения невозможно избежать. Естественный радиоактивный фон существовал на Земле всегда, и жизнь зародилась в поле его излучений, а затем – много–много позже – появился и человек. Эта природная (естественная) радиация сопровождает нас в течение всей жизни. Космическое излучение и радиоактивные вещества, находящиеся в окружающей нас среде, являются источниками внешнего излучения. Радиоактивные вещества, содержащиеся в теле человека или поступающие в организм с вдыхаемым воздухом, пищей или водой, обуславливают внутреннее облучение.

Физическое явление радиоактивности было открыто в 1896 г. А. Беккерелем и сегодня оно широко применяется во многих областях.

Источники ионизирующих излучений применяют для контроля качества сварных соединений, борьбы со статическим электричеством, дефектоскопии металлов, определения уровня агрессивных сред в замкнутых объёмах и др. Их используют в сельском хозяйстве, атомной энергетике, медицине и геологической разведке. Знаки «выхода» в зданиях и самолётах благодаря содержанию радиоактивного трития светятся в темноте в случае внезапного отключения электричества. Многие приборы пожаной сигнализации в жилых домах и общественных зданиях содержат радиоактивный америций.

Ионизирующие излучения имеют ряд общих свойств, два из которых являются наиболее

важными: способность проникать через материалы различной толщины; ионизировать воздух и живые клетки организма.

Мерой радиоактивности какого–либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, является активность: $A=dN/dt$, где dN – ожидаемое значение числа спонтанных ядерных переходов с данного уровня энергии за отрезок времени dt. Единицей активности является беккерель (Бк), 1 Бк равен одному распаду в секунду. Использовавшаяся ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3{,}7\cdot10^{10}$ Бк. Время, в течении которого распадается в среднем половина исходных атомов, называется периодом полураспада $T_{1/2}$. Период полураспада связан с постоянной распада $\lambda$ соотношением: $T_{1/2}=\ln2/\lambda=0{,}693/\lambda$.

Зависимость активности от времени описывается выражением: $A(t)=\lambda\cdot N(t)=A_0\cdot e^{-\lambda t}=A_0\cdot 2\text{^}(T_{1/2})^{-1}$, где $A_0$ – активность в начальный момент времени, $A_0=\lambda\cdot N_0$, где $N_0$ – число радиоактивных атомов в начальный момент времени.

**11.2** Дозиметрические единицы

Основным параметром, характеризующим поражающее действие проникающей радиации, является доза излучения.

Доза излучения – это количество энергии ионизирующих излучений, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Различают экспозиционную, поглощенную, эквивалентную и эффективную дозы.

Экспозиционная доза $D_Э$ представляет собой отношение полного заряда Q ионов одного знака, возникающих в малом объёме воздуха к массе m воздуха в этом объёме (обычно берут отношение компонентов dQ и dm): $D_Э=dQ/dm$. За единицу $D_Э$ принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Применяют и внесистемную единицу рентген (Р), $1Р=2{,}58\cdot10^{-4}$ Кл/кг.

Биологическое действие ИИ на живой организм определяется поглощённой дозой излучения $D_{погл}$, представляющей собой отношение средней энергии dE, переданной излучением веществу в элементарном объёме: $D_{погл}=dE/dm$. Единицей поглощённой дозы является грей (Гр), 1Гр=1 Дж/кг. Применяется также единица рад, 1рад=0,01 Гр.

Для наглядного представления о величине энергии равной 1 Дж вспомним, что 1 Дж – это кинетическая энергия, которую приобретает тело массой 100 г при свободном падении с высоты, равной 1 м, или 1 Дж – это энергия, которая необходима, чтобы повысить температуру 1 г воды на 0,24 $^0$C.

Поглощённая доза является основной дозиметрической величиной, характеризующей не самоизлучение, а его воздействие на вещество.

Поглощённая доза не отражает в полной мере действия ИИ на живой организм, так как биологический эффект зависит не только от величины поглощённой энергии, но и от ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения в организме, плотность ионизации, дробность облучения, мощность дозы и др.). Плотность ионизации является главным фактором, поскольку число пар ионов, образованных на единицу пути, в веществе у α– частиц существенно больше, чем у β–частиц (электронов), то биологический эффект при одной и той же дозе (величине поглощённой энергии) будет больше при облучении α–частицами, чем β–частицами или γ–излучением.

Действие ИИ на организм зависит от пространственного распределения поглощённой энергии, характеризуемого линейной передачей энергии заряженных частиц в среде.

Радиационную опасность хронического действия излучения произвольного состава оценивают по эквивалентной дозе $D_{экв}$ облучения, определяемой как произведение поглощённой дозы на средний коэффициент качества $К_К$ излучения в данной точке ткани: $D_{экв}=D_{погл}\cdot К_К$ Измеряют эквивалентную дозу в зивертах (Зв=Дж/кг). Применяют также биологический эквивалент рада (бэр), 1 бэр=0,01 Зв. Зиверт равен эквивалентной дозе

излучения, при которой поглощённая доза равна 1 Гр и коэффициент $К_к$=1. Отнесённые к единице времени поглощённая экспози-ционная и эквивалентная дозы представляют собой мощности соответствующих доз.

Коэффициент качества $К_к$, используемый для сравнения биологического действия различных видов излучения при обосновании радиационной защиты, – безразмерный параметр, который характеризует зависимость неблагоприятных последствий облучения человека в малых дозах от полной линейной передачи энергии излучения.

Значения $К_к$ для некоторых видов излучения при длительном облучении всего тела следующие: фотоны, электроны и ионы любых энергий – 1; нейтроны с энергией от 10кэВ до 100 кэВ и 2 МэВ до 20 МэВ – 10, от 100 кэВ до 2 МэВ – 20, менее 10 кэВ и более 20 МэВ – 5; α–частицы, осколки деления, тяжёлые ядра – 20.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для R видов излучения: $D_{экв}=\Sigma D_{экв}\cdot R$.

В ряде случаев облучению подвергается не всё тело, а один или несколько органов. Такая ситуация чаще всего реализуется при внутреннем облучении, т.е. при поступлении радионуклидов в организм с вдыхаемым воздухом или пищевыми продуктами. Радионуклид, ка и неактивный нуклид данного химического элемента, накапливается в том или ином органе. В частности радионуклиды йода поступают преимущественно в щитовидную железу, радия и стронция – в костную ткань, поло- ния – в печень, селезёнку, почки и т.д.

Поскольку органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки риска возникновения отдалённых последствий при облучении всего организма или отдельных органов используется понятие эффективной эквивалентной дозы (Е). Единица этой дозы – зиверт (Зв). Она также как и эквивалентная доза применима только для хронического облучения в малых дозах и является мерой оценки ущерба для здоровья по выходу отдалённых последствий.

По определению: $E=\Sigma D_{экв}\cdot W_T$, а $\Sigma W_T=1$, где $D_{экв}$ – эквивалентная доза в органе или ткани Т; $W_T$ – взвешивающий коэффициент для органа или ткани Т, который характеризует относительный риск на единицу дозы по выходу отдалённых последствий при облучении данного органа по отношению к облучению всего тела. Значения $W_T$ для различных видов излучения составляют: гонады – 0,20; красный костный мозг, лёгкие, толстый кишечник, желудок – 0,12; молочные железы женщин, щитовидная железа, печень, пищевод, мочевой пузырь – 0,05; клетки костных поверхностей, кожа – 0,01; прочие органы – 0,05.

Из представленных данных следует, что при облучении например, только щитовидной железы ($W_T$=0,05) эффект по отдалённым последствиям будет составлять всего 5 % от того эф- фекта, который может быть реализован при облучении всего те- ла. Соответственно он равен 20 % для гонад, 12 % для лёгких и т.д.

**11.3** Нормы радиационной безопасности

Основными юридическими документами, регламентирующим требования Федерального закона «О радиационной безопасности населения» в форме основных пределов доз, допустимых уровней воздействия ИИ и других требований по ограничению облучения человека являются СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009» и СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010».

НРБ распространяются на следующие виды воздействия ИИ на человека:

– в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
– в результате радиационной аварии;
– от природных источников излучения;

– при медицинском облучении.

Защита количеством подразумевает проведение работы с минимальными количествами радиоактивных веществ, т.е. пропорционально сокращает мощность излучения.

Защитные мероприятия, позволяющие обеспечить условия радиационной безопасности при применении закрытых источников, основаны на знании законов распространения ИИ и характера их взаимодействия с веществом. Главные из них следующие:

1) доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности и времени действия излучения;

2) интенсивность излучения от точечного источника пропорциональна количеству квантов или частиц, возникающих в них в единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния;

3) интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности, вытекающие из этих закономерностей следующие: уменьшение мощности источников до минимальных величин (защита количеством); сокращение времени работы с источником (защита временем); увеличение расстояния от источника до работающих (защита расстоянием) и экранирование источников излучения материалами, поглощающими ИИ (защита экранами).

Защита от открытых источников ионизирующих излучений предусматривает как защиту от внешнего облучения, так и защиту персонала от внутреннего облучения, связанного с возможным проникновением радиоактивных веществ в организм через органы дыхания, пищеварения или через кожу.

Все виды работ с открытыми источниками ионизирующих излучений разделены на три класса. Класс работы определяет требования к устройству и размещению помещений, в которых они проводятся. На дверях таких помещений указывают класс работы и вывешивают знак радиационной опасности.

Чем выше класс выполняемых работ, тем жестче гигиенические требования по защите персонала от внутреннего переоблучения.

Способы защиты персонала при этом следующие:

1) использование принципов защиты, применяемых при работе с источниками излучения в закрытом виде;

2) герметизация производственного оборудования с целью изоляции процессов, которые могут явиться источниками поступления радиоактивных веществ во внешнюю среду;

3) мероприятия планировочного характера. Планировка помещений предполагает максимальную изоляцию работ с радиоактивными веществами от других помещений и участков, имеющих иное функциональное назначение. Помещения для работ I класса должны размещаться в отдельных зданиях или в его изолированной части с отдельным входом через санитарный пропускник. Помещения для работ II класса должны размещаться в изолированной части здания и иметь санитарный пропускник или душевую с дозиметрическим контролем на выходе. В них должны быть вытяжные шкафы, боксы; работы III класса могут проводиться в отдельных специально выделенных комнатах;

4) Защита предполагает проведение мероприятий по борьбе с накоплением радиоактивной пыли и ее удалению из производственного помещения. К этим мероприятиям относятся: покраска или облицовка стен, потолка и пола помещения, их влажная уборка, организация вытяжной вентиляции.

использование СИЗ. При работах I класса и некоторых работах II класса предусматриваются полное снятие одежды работающими, переход их через санпропускник, надевание рабочей одежды (комбинезон, белье, шапочка, носки и обувь), а после работы – душ, дозиметрический контроль и лишь после этого надевание домашней одежды и обуви. Для измерения дозы облучения за время

работы всем выдаются личный дозиметр типа ДКП-50-А; он позволяет измерять дозы облучения от 0,1 до 5 МЗв при мощности дозы излучения от 0,5–20 мЗв/ч. Для защиты от загрязнения рук работающим выдаются перчатки, а для защиты от радиоактивной – пыли респираторы.

На время ликвидации аварий, ремонтных работ применяют изолирующие пневмокостюмы или костюмы с автономным питанием.

Рабочий день при работах I и II класса должен составлять 4–6 часов. Работающие с радиоактивными веществами обеспечиваются специальным питанием или молоком.

5) Помещения должны быть оборудованы механической вентиляцией с кратностью обмена воздуха не менее 10 раз в час. Скорость движения воздуха в рабочих проемов шкафов и укрытий должна быть не менее 1,5 м/с. Перед выбросом в атмосферу воздух должен обязательно очищаться на специальных фильтрах до определенных норм.

6) Профилактика методом фармакохимической защиты применяется в случае неизбежного облучения работающих в дозах превышающих предельно допустимые. В организм за определенное время до облучения вводятся вещества, снижающие радиационное поражение. Такие вещества называются радиозащитными или радиопротекторами. К ним относятся серосодержащие вещества (цистамин, цистафост, гаммафост и др.); биологически активные амины (мексамин, индралин и др.).

## 20 Электромагнитное излучение

### **10.1** Общие сведения

Общеизвестно, что человек и окружающая среда находятся под интенсивным воздействием электромагнитных полей, создаваемых как естественными, так и техногенными источниками электромагнитного излучения (ЭМИ). Если электромагнитные поля естественных источников, таких как Космос, Галактика, Солнце являются постоянными природными характеристиками среды обитания человека, то электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые техногенными источниками, используемые как в экономических, так и в военных целях, оказывают, как правило, либо побочное, либо прямое воздействие на человека.

Проблема взаимодействия человека с ЭМП техногенного характера существенно осложнилась в последнее время в связи с интенсивным развитием радиосвязи, радионавигации, телевизионных систем, расширением сферы применения электромагнитной энергии для осуществления определённых технологических операций, широким распространением компьютерной техники, массовым распространением бытовых электро– и электронных приборов.

Тенденция наращивания плотности электромагнитной энергии в окружающей среде привела к тому, что в настоящее время напряжённость полей создаваемых техногенными источниками, превосходили на несколько порядков напряжённость соответствующих по частоте полей естественного происхождения.

При характеристике электромагнитной обстановки пользуются терминами «электрическое поле», «магнитное поле», «электромагнитное поле»: электрическое (электростатическое) поле создаётся электрическими зарядами, а их движение по проводнику порождает магнитное поле. Поскольку магнитных зарядов не существует, силовые линии магнитного поля всегда замкнуты.

Критерием интенсивности электрического поля, является напряжённость электрического поля – Е с единицей измерения В/м (Вольт на метр). Величина магнитного поля характеризуется напряжённостью магнитного поля Н с единицей измерения А/м (Ампер на метр). При оценке магнитного поля сверх низких и крайне низких частот (3–300 Гц)

используется показатель магнитной индукции В с единицей измерения Тл (Тесла), при чём 1 мкТл=1,25 А/м.

Постоянные электрические и магнитные поля возникают и существуют только в присутствии источников – заряда или электрического тока. Однако, в природе обнаружена связь электрического и магнитного поле при их изменениях.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которая распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн (электромагнитного излучения (ЭМИ)). Излучение – это энергия, переданная волнами.

Электромагнитное поле особая форма материи, создаваемая изменяющимися во времени электрическим полем Е, которое порождает магнитное поле Н, а изменяющееся Н возбуждает вихревое электрическое поле. Напряжённости полей Е и Н, расположенные перпендикулярно друг другу, непрерывно изменяясь, порождают друг друга. Электромагнитное поле – самый распространённый вид поля, который может существовать в отрыве от источника.

По временной зависимости величины, характеризующие электромагнитное поле, подразделяются на следующие основные виды: постоянные (не зависящие от времени), гармонические и произвольные периодические колебания, импульсы, шу- мы, модулированные по амплитуде.

Для характеристики периодических электромагнитных колебаний используют следующие параметры:

– среднее квадратическое значение напряженности электрического поля;

– средние квадратические значения напряженности магнитного поля и магнитной индукции;

– средняя плотность потока энергии электромагнитного поля в плоской волне.

Все электромагнитные волны в свободном пространстве распространяются со скоростью света, равной 300 тыс. км/с.

**10.2** Виды электромагнитных полей

К ЭМП и ЭМИ относя электромагнитные колебания радиочастотного и оптического диапазонов. Условно к ним также относят статические электрические и постоянные магнитные поля хотя они излучениями не являются.

В спектре естественных ЭМП условно выделяют несколько составляющих – это постоянное магнитное поле Земли (геомагнитное поле, ГМП), электростатическое поле и переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от $10^{-3}$ до $10^{12}$ Гц. Геомагнитное поле является одним из важнейших факторов окружающей среды. Установлено, что геомагнитные возмущения могут оказывать дессинхронизирующее действие на биологические ритмы и другие процессы в организме. В периоды возникновения геомагнитных возмущений фиксируется увеличение числа инфарктов и инсультов, дорожно–транспортных происшествий и аварий самолетов. При магнитных бурях неблагопри- ятное воздействие на организм испытывает около 30 % населения.

Величина постоянного ГМП может изменяться на поверхности Земли от 26 мкТл (в районе Риоде–Жанейро) до 68 мкТл (вблизи географических полюсов), достигая максимумов в районах магнитных аномалий (Курская аномалия, до 190 мкТл).

Геомагнитное поле претерпевает изменения с длительными (вековыми) периодами (8000, 600 лет) и с периодами в десятки лет (60, 22, 11 лет), а также короткопериодические суточные вариации. Солнечная активность и межпланетное магнитное поле изменяют электрическое и магнитное поля Земли, тем самым оказывают определённое воздействие на организм человека.

Статические электрические поля (СЭП) представляют собой поля неподвижных электрических зарядов, либо стационарные электрические поля постоянного тока. Возникновение зарядов статического электричества может происходить при дроблении,

разбрызгивании, газовыделении веществ, относительном перемещении двух находящихся в контакте твердых тел, сыпучих, жидких и газообразных материалов, при интенсивном перемешивании, кристаллизации и пр.

**10.3** Биологическое действие электромагнитных полей

Взаимодействие внешних ЭМП с биологическими объектами происходит путем наведения внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека зависит от целого ряда параметров, таких как размер, форма, анатомическое строение тела, электрические и магнитные свойства тканей (диэлектрическая и магнитная проницаемости и удельная проводимость), ориентация тела относительно векто- ров электрического и магнитного полей, а также от характеристик ЭМП.

Биологическое действие ослабленного геомагнитного поля (ГМП). Наличие естественных ЭМП (ГМП) в окружающей среде является необходимым для осуществления нормальной жизнедеятельности, а их отсутствие или дефицит могут приводить к негативным последствиям для живого организма.

Установлено, что при ослаблении ГМП в 2–5 раз относительно естественного МП наблюдается увеличение на 40% количества заболеваний у людей, работающих в экранированных помещениях. При нахождении человека в искусственных гипо-геомагнитных условиях отмечаются изменения психики, появляются нестандартные идеи, образы.

Биологическое действие ПМП. Живые организмы весьма чувствительны к воздействию ПМП. Отечественными иссле- дователями описаны изменения в состоянии здоровья у лиц, работающих с источниками ПМП. Наиболее часто они проявляются в форме вегетодистоний, астеновегетативного и периферического вазовегетативного синдромов или их сочетания. Характерны субъективные жалобы астенического характера, функциональные сдвиги со стороны сердечно–сосудистой системы (брадикардия, иногда тахикардия, изменение на ЭКГ зубца Т), тенденция к гипотонии. Принято считать, что наиболее чувствительными к воздействию ПМП являются системы, выполняющие регуляторные функции (нервная, сердечно–сосудистая, нейроэндокринная и др.).

**10.4** Гигиеническое нормирование ЭМП

Гигиенические нормативы на параметры ЭМП устанавливаются в зависимости от следующих факторов:

– отношения подвергающегося воздействию ЭМП человека к источнику излучения (профессиональное, непрофессиональное);

– частоты электромагнитного излучения;

– характера временного воздействия электромагнитного поля (постоянное или прерывистое);

– места положения (области тела), подвергаемые воздействию (общее–всё тело и локальное – кисти рук, верхний плечевой пояс, конечности).

Интенсивность геомагнитного поля оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н, А/м) или в единицах магнитной индукции (В, Тл).

## 21 Лазерное и ультрафиолетовое излучение

### Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) электромагнитное излучение в оптической области в диапазоне 200-400 нм с частотой колебаний от 1013 до 1016 Гц, примыкающее со стороны коротких волн к видимому свету. Оно относится к неионизирующим излучениям. Естественным источником УФ-излучения является Солнце. В промышленности источниками этого излучения могут быть газоразрядные источники света, электрические

дуги, плазматроны, лазеры.

Тела начинают генерировать УФИ при температуре нагрева выше 1200 °С, интенсивность растет с увеличением температуры. Воздух непрозрачен для УФИ с длиной волны $\lambda < 185$ нм вследствие поглощения его кислородом.

Весь диапазон УФИ разделяют на следующие области:

область А: $\lambda = 400…315$ нм; область В: $\lambda = 315…280$ нм; область С: $\lambda = 280…200$ нм.

УФИ области А отличается слабым биологическим действием, вызывающим преимущественно флуоресценцию(свечение).

Основное биологическое действие оказывает УФИ области В. Это излучение вызывает основные изменения в коже (загарное и антирахитическое действие), крови, нервной системе, кровообращении и других органах.

УФИ области С отличается большим разрушительным действием на клетку, так как обладает бактерицидным действием, вызывает коагуляцию (склеивание) белков, может привести к раку кожи.

Действие ультрафиолетового излучения на организм человека

Ультрафиолетовое излучение, составляющее приблизительно 5 % плотности потока солнечного излучения, – жизненно необходимый фактор, оказывающий благотворное стимулирующее действие на организм.

Недостаточное УФ-облучение людей вредно. Оно вызывает D-авитаминоз, нарушение трофики центральной нервной системы, ослабление окислительно-восстановительных процессов, снижение работоспособности.

Нормирование интенсивности ультрафиолетового излучения

Основными нормативными документами являются:

СН № 4557-88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях;

МУ 2.3.975-00. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами;

РМГ 77-2005. ГСИ. Интегральные характеристики ультрафиолетового излучения в охране труда. Методика выполнения измерений [47];

Р 50.2.053-2006. ГСИ. Измерение энергетической освещенности УФИ в производственных помещениях. Методика проведения измерений [48].

Средства защиты от ультрафиолетового излучения

Основными защитными мерами являются: защита растоянием, экранирование источников излучения, экранирование рабочих мест, СИЗ, специальная окраска помещений и рациональное размещение рабочих мест.

Защита расстоянием - это удаление обслуживающего персонала от источников УФ-излучения на безопасную величину. Расстояния, на которых уровни УФ-излучения не представляют опасности для работающих, определяются только экспериментально в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы, состава производственной атмосферы, вида источника излучения, отражающих свойств конструкций помещения и оборудования и т.д.

Наиболее рациональным методом защиты является экранирование источников излучений с помощью различных материалов и светофильтров, не пропускающих или снижающих интенсивность излучений.

Для защиты работающих от избытка УФ-излучения используют противосолнечные экраны, жалюзи, оконные стекла со специальным покрытием, стекла «хамелеоны» и др. В производственных условиях применяются стены, кабины, щитки, ширмы, очки с защитными стеклами. Полную защиту от УФ-излучения всех волн обеспечивает флинт-

глас (стекло с оксидом свинца) толщиной 2 мм. Кабины изготавливаются высотой 1,8-2 м, причем их стенки не должны доходить до пола на 25-30 см для улучшения проветривания.

При размещении рабочих помещений необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения иная, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучение полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана на масляной основе - плохо.

Стены и ширмы в цехах окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой), применяя цинковые и титановые белила для поглощения УФИ.

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяют спецодежду (куртки, брюки), рукавицы, фартуки, щитки со светофильтрами или защитные очки. Одежда изготавливается из тканей, не пропускающих УФИ (лен, хлопчатобумажная, поплин). Защитные очки и щитки укомплектовываются светофильтрами в зависимости от выполняемой работы. Полную защиту от УФИ всех областей обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее оксид свинца).

Для защиты кожи от УФИ применяют мази с содержанием веществ, служащих светофильтрами (салол, салицилово-метиловый эфир и др.).

Измеряется специальными УФ дозиметрами, а также спектрометрами ИКС - 9,12,14.

Лазерное излучение

Лазер – источник электромагнитного излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, основанный на вынужденном излучении атомов и молекул.

Лазер – источник света. По сравнению с другими источниками света лазер обладает рядом уникальных свойств, связанных с когерентностью (согласованность колебаний во времени волновых процессов) и высокой направленностью его излучения. Излучение «нелазерных» источников света не имеет этих особенностей. В естественной природной среде лазерное излучение не встречается.

Лазеры используются в промышленности, науке, ювелирном деле, медицине и тд

В зависимости от типа конструкции и целевого назначения лазеров и лазерных установок на работников могут воздействовать следующие опасные и вредные факторы:

лазерное излучение (прямое, отраженное и рассеянное);

сопутствующие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения от источников накачки, плазменного факела и материалов мишени;

высокое напряжение в цепях управления и источниках электропитания;

электромагнитное излучение промышленной частоты и радиочастотного диапазона;

рентгеновское излучение от газоразрядных трубок и других элементов, работающих при анодном напряжении более 5 кВ;

шум, вибрация;

токсические газы и пары от лазерных систем с прокачкой, хладагентов и др.;

продукты взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемыми материалами;

повышенная температура поверхности лазерного изделия;

опасность взрыва в системах накачки лазеров.

Излучение лазера можно условно характеризовать двумя группами параметров. К первой группе относят энергетические параметры, ко второй – геометрические. Общими для обеих групп являются длина волн и длительность излучения.

Основными элементами любого лазера являются активная среда, содержащая атомы или молекулы, способные относительно долго оставаться на своих верхних энергетических уровнях, источник энергии для её возбуждения, зеркальный оптический резонатор и система охлаждения. По активному элементу лазеры классифицируют на твердотельные, газовые, жидкостные. В твердотельных лазерах используется синтетический рубин или корунд. Жидкостные лазеры характеризуются использованием в качестве активного

элемента жидких сред – металлоорганических и неорганических. Газовые лазеры заполены такими газами как гелий, аргон, неон.

Действие лазерного излучения на организм человека

Под действием лазерного излучения происходит нарушение жизнедеятельности как отдельных органов, так и организма в целом.

При больших интенсивностях обучения возможны повреждения внутренних органов, которые имеют характер отеков, кровоизлияний, кровотечений, омертвений тканей и др.

Лазерное излучение (ЛИ) представляет особую опасность для тех тканей, которые максимально поглощают излучение. Сравнительно легкая уязвимость роговицы и хрусталика глаза, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии (мощности) излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона (750…1400 нм) на глазном дне до 6 □ $10^4$ раз по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом. Степень повреждения глаза может изменяться от слабых ожогов сетчатки до полной потери зрения.

По степени опасности выходного излучения лазеры подразделяются на 4 класса:

I-й класс □ лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи;

II-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально отраженным излучением;

III-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

IV-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

Лазеры классифицирует предприятие-изготовитель по выходным характеристикам излучения расчетным методом.

Средства защиты от лазерного излучения

Лазерные установки III–IV класса, генерирующие излучение видимого спектра, и лазеры II–IV класса, работающие в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, снабжаются сигнализаторами начала и окончания работы. В конструкции этих же лазеров предусмотрены экран для кратковременного перекрытия прямого лазерного излучения и для ограничения его распространения за пределы зоны размещения обрабатываемого материала. Экран изготовляется из огнестойкого, неплавящегося и светопоглощающего материала.

Действующие лазерные установки следует размещать в отдельных, специально выделенных помещениях или отгороженных частях помещений. Лазеры IV класса должны размещаться только в отдельных помещениях. Внутренняя поверхность помещения, а также предметы, находящиеся в этом помещении (за исключением используемых в работе элементов оптических систем), не должны иметь поверхностей с коэффициентом отражения больше 0,4; стены, потолок, пол помещения и предметы, находящиеся в помещении, должны иметь матовую поверхность, обеспечивающую минимальное отражение.

Средства защиты от ЛИ подразделяются на коллективные и индивидуальные. Выбор средства защиты в каждом конкретном случае осуществляется с учетом требований безопасности для данного процесса.

Коллективные средства защиты от повышенного уровня лазерного излучения разделяют на следующие группы.

Оградительные устройства. Надежной защитой от случайного попадания излучения на человека является экранирование луча на всем его пути распространения, если позволяют технические возможности. Экраны для защиты от ЛИ могут быть непрозрачными или прозрачными [30].

Непрозрачные экраны или ограждения, препятствующие выходу ЛИ наружу, должны изготовляться из металлических листов (сталь, дюралюминий и т. п.). В некоторых случаях допускается изготовление непрозрачных экранов из пластмасс.

Прозрачные экраны должны поглощать ЛИ и при этом быть прозрачными на всем или части видимого диапазона длины волн (частично прозрачные экраны). Они изготовляются из специальных стекол или органического стекла с соответствующей спектральной характеристикой. Оптическая плотность такого экрана на длине волны излучения должна быть достаточной для ослабления интенсивности облучения на рабочем месте оператора до величины, не превышающей ПДУ.

Если энергия ЛИ настолько велика, что может разрушить частично прозрачный экран, то необходимо принять меры, исключающие возможность прямого попадания луча на такой экран.

Для снижения уровня отраженного ЛИ линзы, призмы и другие твердые с зеркальной поверхностью предметы на пути луча должны снабжаться блендами, а облучаемый объект – защитными экранами – диафрагмами с отверстием, диаметр которого несколько превышает диаметр луча. В этом случае через отверстие проходит только прямое излучение, отраженные лучи от объекта попадают на экран, который их частично поглощает и рассеивает. Для этой цели можно использовать даже фанеру, покрытую черной матовой краской.

Предохранительные устройства. Входы в помещения, где размещены лазерные установки, должны иметь блокировку. При размещении пультовой и рабочей камеры в разных помещениях система блокировки входной двери в рабочую камеру должна отключаться только после выключения установки и окончания запретного периода, если он предусмотрен. При этом должна быть исключена возможность включения установки при незапертой двери в рабочую камеру, а также исключена возможность открытия двери во время работы установки. При случайном открытии двери в рабочую камеру (или неисправности контакта блокировки) установка должна выключаться. Установка должна быть оборудована системой блокировки, не позволяющей закрыть входную дверь без предварительного захода в рабочую камеру. Указанная система выключается ответственным оператором, который покидает рабочую камеру последним, убедившись в отсутствии в ней людей. В рабочей камере должны быть установлены легко доступные устройства аварийного выключения установки и запрета на ее включение. Осветители с импульсными лампами для накачки должны иметь блокировку, исключающую возможность вспышки лампы при от- крытой крышке осветителя.

Устройства автоматического контроля и сигнализации. Помимо блокировки, входы в помещения, где размещаются лазерные изделия, должны быть оборудованы также звуковой и световой сигнализацией, сблокированной с системой пуска установки. В помещениях, где проводятся работы с импульсной установкой, должна быть установлена сигнализация: световая – в период, когда на конденсаторной батарее поднимается напряжение, и звуковая  непосредственно перед срабатыванием осветителя за 2–3 с.

Во время работы установки на пульте управления и над входом в рабочую камеру должны гореть предупреждающие световые сигналы. Необходимо проверять исправность системы блокировки и сигнализации каждый раз перед включением установки. При неисправности или умышленном отключении хотя бы одной из предусмотренных проектом блокировок пуск установки должен поступать на пульт управления установки и фиксироваться в журнале эксплуатации. В случае неисправности хотя бы одной из систем блокировки или сигнализации эксплуатация установки запрещается.

Устройства дистанционного управления. В целях обеспечения безопасности пульт управления лазерной установкой размещается в отдельном помещении с телевизионной или другой системой настройки, контроля и наблюдения за ходом процесса, применяются роботизированные комплексы, а также защита расстоянием (пребывание вне лазерно-

опасной зоны).

Знаки безопасности. Путь пучка света импульсной ЛУ должен быть маркирован покраской рейтеров, оправ, диафрагм и бленд, на дверях помещений. Где размещаются лазерные установки должен быть установлен знак «Опасно! Лазерное излучение».

Технологические халаты изготовляются из хлопчатобумажного или бязевого материала светло-зеленого или голубого цвета. Перчатки применяют в тех случаях, когда существует опасность воздействия ЛИ на кожный по- кров.

В защитных щитках, масках и очках применяются специальные свето- фильтры, задерживающие ЛИ, но пропускающие излучение в соседних диапазонах спектра. Это достигается за счет выбора светофильтров с определенной кривой спектрального пропускания. Так, например, противолазерные очки, изготовляемые из сине-зеленого стекла СЗС-22, применяются для защиты от лазерного излучения с □ = 0,69; 0,84 и 1,06 мкм.

Светофильтры защитных очков должны обеспечивать снижение интенсивности облучения глаз ЛИ до ПДУ. В паспортах на светофильтры и оправы очков указывают их спектральную характеристику, оптическую плотность и максимально допустимый уровень излучения.

При работе с лазерами IV класса опасности должны использоваться защитные маски. Толщина светофильтра устанавливается в зависимости от спектральной характеристики стекла. Характеристики защитных устройств по оптической плотности должны выбираться с таким расчетом, чтобы для определенной мощности и длины волны излучения лазера плотность энергии снижалась до безопасного (предельно допустимого) уровня.

Существует два типа защитных очков: открытые и закрытые. Открытые защитные очки модели О16-72 ЛС-630 предназначены для защиты глаз спереди и с боков от рассеянного и диффузно отраженного излучения на длине волны 0,63 мкм. Закрытые защитные очки с непрямой вентиляцией ЗН 22- 72-СЗС-22-6 предназначены для защиты глаз с боков, сверху и снизу от рассеянного, диффузно отраженного прямого излучения для непрерывного ЛИ с длиной волны 0,63; 1,5 мкм и для импульсного ЛИ 0,63…1,06 мкм. В ассортименте защитных очков должны быть очки с оправой, не препятствующей одновременному пользованию обычными корригирующими очками.

При работе мощных лазеров недостаточна защита только глаз, так как возможно поражение кожи лица. Поэтому в таких случаях эффективно применение защитных щитков и масок.

Руки рекомендуется защищать с помощью различного типа перчаток, в том числе из замши и кожи, а также специальными защитными дерматологическими средствами (кремы, лаки, пасты, мази), создающими предохранительную пленку на коже.

Одним из важнейших элементов системы сохранения здоровья обслуживающего персонала являются лечебно-профилактические мероприятия. К достаточно эффективным мерам медицинской профилактики профессиональной патологии следует отнести регулярные физические упражнения, причем в течение смены рекомендуется проводить не менее двух физкультурных пауз по 10 мин. При работе с ЛУ имеет большое значение соблюдение витаминного баланса, особенно в зимне-весенний период.

Требования к персоналу. К работе с лазерными установками допускаются лица, достигшие 18 лет и не имеющие медицинских противопоказаний. Женщины на период беременности и кормления ребенка должны освобождаться от работы с применением лазеров.

Работы, связанные с обслуживанием лазерных установок (ЛУ), включены в списки работ с вредными условиями труда, и работающие на лазерных установках II–IV классов подлежат предварительным (при поступлении на работу) и периодическим (1 раз в год) медицинским осмотрам. В осмотрах обязательно участие терапевта, невропатолога и офтальмолога. Помимо врачебного обследования, показано проведение клинического анализа периферической крови и ЭКГ.

Противопоказанием для приема на работу с лазерами являются следующие заболевания: гипертоническая болезнь, стенокардия, все болезни крови и вторичное малокровие; органические заболевания центральной нервной системы, катаракта; психические заболевания.

Контрольные вопросы

**Тема 1: Введение в дисциплину. Человек и производственная среда.**

1 Понятие производственной санитарии и гигиены труда.

2 Роль и значение производственной санитарии и гигиены труда в подготовке инженера по охране труда.

3 Обеспечение комфортных условий труда.

4 Негативные факторы в системе «человек – производственная среда».

5 Воздействие негативных факторов.

**Тема 2: История развития гигиены труда и ПС.**

1 Развитие гигиены труда в Древней Греции.

2 Период средних веков в развитие гигиены.

3 История появления гигиены труда в России.

**Тема 3: Классификация опасных и вредных производственных факторов.**

1 Классификация по характеру происхождения.

2 Классификация по воздействию на организм работающего человека.

3 Классификация по характеру действия в пространстве.

4 Потенциальная опасность воздействия вредных факторов на организм человека.

**Тема 4: Санитарное законодательство.**

1 Основные законодательные акты в области производственной санитарии и гигиены труда.

2 Конституционное право человека на санитарно– эпидемиологическое благополучие, здоровые условия труда, быта и отдыха.

3 Обеспечение санитарно–эпидемиологического благополучия населения. Права должностных лиц, осуществляющих санитарно–эпидемиологический надзор.

4 Понятие рабочего времени. Продолжительность ежедневной работы.

5 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Понятие о вредных и опасных производственных факторах, их классификация.

**Тема 5: Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства**

1 Государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль.

2 Виды санитарного надзора.

2 Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

3 Федеральная служба по труду и занятости (Роструд).

4 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулировние).

5 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

**Тема 6: Ответственность за нарушение требований ПС.**

1 Дисциплинарная, административная, материальная, уголовная и общественная ответственность.

2 Взыскания по видам ответственности.

3 Ответственность предприятий и организаций за выпуск и поставку продукции не

соответствующей требованиям ПС и ГТ.
4 Административные правонарушения. Виды административных наказаний.

**Тема 7: Организация работ и обучение по ПС.**
1 Организация безопасных условий труда на производстве.
2 Роль отдела охраны труда в обеспечение здоровых условий труда.
3 Виды инструктажа рабочих.

**Тема 8: Производственный микроклимат.**

1 Производственный микроклимат: понятие, виды.

2 Особенности микроклимата при разных видах работы в закрытых помещениях и на открытом воздухе. Горячие и холодные цеха.

3 Физическая и химическая терморегуляция человека в производственных условиях; основные закономерности теплообмена.

4 Функциональные изменения в организме в условиях нагревающего и охлаждающего микроклимата. Патологические состояния.

5 Адаптация и акклиматизация в производственных условиях.

6 Гигиенические принципы нормирования производственного микроклимата.

7 Инфракрасное излучение. Источники, законы излучения, влияние на организм. Профилактика вредного воздействия.

8 Профилактические мероприятия по обеспечению благоприятных метеорологических условий на производстве.

9 Требования, предъявляемые к средствам и методам измерения микроклимата.

10 Основные приборы, используемые для измерения параметров микроклимата; принципы работы.

**Тема: 9: Несчастные случаи на производстве.**
1 Понятие несчастного случая на производстве.
2 Классификация несчастных случаев.
3 Причины возникновения производственных травм.
4 Расследование несчастных случаев на производстве.
5 Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев.
6 Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев.

**Тема 10: Профессиональные заболевания.**
1 Понятие профессионального заболевания.
2 Классификация профессиональных заболеваний.
3 Причины возникновения ПЗ.
4 Расследование профессиональных заболеваний на производстве.
5 Порядок формирования комиссий по расследованию профессиональных заболеваний. 6 Порядок оформления материалов расследования профессиональных заболеваний.

**Тема 11: Физиология труда.**
1 Работоспособность.
2 Утомление.
3 Основные формы труда и их особенности.
4 Рабочие позы.
5 Профилактика утомления.
6 Физиологические основы монотонного труда.
**Тема 12: Санитарные требования к устройству объектов предприятия.**
1 Санитарные требования к производственным зданиям и помещениям.
2 Планировка производственных помещений.

3 Площадь и объем производственных помещений.
4 Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий.

**Тема 13: Промышленная вентиляция.**
1 Значение и место вентиляции в системе оздоровительных мероприятий.
2 Промышленная вентиляция. Классификация. Принципы устройства вентиляции для борьбы с производственными вредностями.
3 Естественная вентиляция. Назначение, устройство, санитарный контроль за её работой.
4 Понятие об искусственной вентиляции. Преимущества и недостатки. Классификация. Гигиенические требования к промышленной вентиляции.
5 Что вкладывается в понятие «проверка эффективности работы действующей вентиляционной установки»?
6 Оценка производительности вентиляции.
7 Способы очистки вентиляционного воздуха от пыли и газов.
8 Мероприятия по улучшению работы вентиляционных установок.

**Тема 14: Вредные вещества.**
1 Классификация вредных веществ.
2 Пути поступления и действие вредных веществ на организм человека.
3 Факторы, определяющие токсическое действие вредных веществ.
4 Классы опасности вредных веществ.
5 Гигиеническое нормирование вредных веществ.
6 Защита от вредных веществ на производстве.
7 Приборы и методы контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

**Тема 15: Производственная пыль.**
1 Эколого–гигиеническое, экономическое и технологическое значение пыли. Источники и способы пылеобразования.
2 Классификация пыли по происхождению, дисперсности, способу образования.
3 Физические и химические свойства пыли и их гигиеническое значение.
4 Действие пыли на организм. Механизм элиминации.
5 Понятие об аэрозолях преимущественно фиброгенного действия (АПФД); принципы гигиенического нормирования различных видов пыли.
6 Методы исследования запыленности воздуха на производстве. Методы и средства борьбы с пылью в производственных условиях.

**Тема 16: Производственное освещение.**
1 Производственное освещение и его роль в обеспечении высокой работоспособности.
2 Основные светотехнические понятия и единицы. Основные зрительные функции и их зависимость от освещения.
3 Физиологические методы оценки влияния условий освещения на зрительные функции.
4 Виды производственного освещения. Преимущества и недостатки естественного и искусственного освещения.
5 Естественное и совмещенное освещение. Гигиенические требования.
6 Искусственное освещение. Гигиеническая характеристика ламп накаливания и газоразрядных ламп; преимущества и недостатки.
7 Гигиенические требования к производственному осв
7 Гигиенические требования к производственному освещению.

8 Методика измерения и гигиеническая оценка освещенности на рабочих местах.

9 Принципы нормирования производственного освещения. Основные законодательные документы.

**Тема 17: Производственный шум.**

1 Основные источники, физические параметры шума.

2 Классификация производственных шумов.

3 Общее действие шума на организм. Шумовая болезнь. Современное представление о патогенезе профессиональной тугоухости.

4 Принципы гигиенического нормирования шума; особенности нормирования непостоянного шума.

5 Гигиенические критерии оценки шумового фактора по показателям вредности и опасности.

6 Дозный подход к оценке шума, воздействующего на организм.

7 Оборудование, условия и методика измерения параметров шума на рабочем месте.

8 Система мероприятий по профилактике шумовой патологии на производстве.

**Тема 18: Производственная вибрация.**

1 Источники вибрации на производстве, гигиеническая значимость.

2 Физические параметры вибрации, классификация.

3 Влияние вибрации на организм. Производственные факторы, способствующие развитию в организме патологических изменений.

4 Вибрационная болезнь.

5 Приборы для измерения параметров вибрации. Методика измерения общей и локальной вибрации.

6 Гигиеническое нормирование вибрации.

7 Профилактические мероприятия по защите от воздействия производственной вибрации.

**Тема 19: Ионизирующие излучения.**

1 Физические параметры ИИ. Виды ИИ.

2 Соматические и генетические радиационные эффекты.

3 Механизм биологического действия радиации.

4 Дозиметрические единицы измерений.

5 Принципы обеспечения радиационной безопасности. Гигиеническое нормирование ИИ.

6 Методы и средства регистрации ИИ.

**Тема 20: Электромагнитное излучение.**

1 Неионизирующее излучение в промышленности. Источники излучения.

2 Физико–гигиеническая характеристика электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ). Классификация ЭМП радиочастот. Биологическое действие ЭМП РЧ.

3 Гигиеническая оценка условий труда при воздействии ЭМП. Классы условий труда при действии неионизирующего излучения.

4 Методика измерения интенсивности электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

5 Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками электромагнитного излучения

**Тема 21: Лазерное и ультрафиолетовое излучение.**

1 Физико–гигиеническая характеристика лазерного и ультрафиолетового излучения. Биологическое действие ЛИ и УИ.

2 Гигиеническое нормирование параметров ЛИ и УИ..

4 Опасность лазера 1, 2, 3, 4 классов.

5 Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками ЛИ и УИ.

Список литературы

1 Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие / Е. В. Глебова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2007. - 382 с. : ил. –

2 Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / В. А. Подюков, В. В. Токмаков, В. М. Куликов ; под ред. В. В. Токмакова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

3 Гигиена труда [Текст]: учебник/Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 592 с.

4 Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. № 197–ФЗ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Философии и культурологии | Горнотехнологический факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав .кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 18.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по написанию реферата | 17 |
| 8 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 19 |
| | Заключение | 21 |
| | Список использованных источников | 22 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. Н

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

***Самостоятельная работа студента*** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;

- освоение информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям*:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

***Основная часть.***

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

***Заключение.***

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

| *Критерии оценки доклада, сообщения* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Содержательность, информационная насыщенность доклада | 1 |
| Наличие аргументов | 1 |
| Наличие выводов | 1 |
| Наличие презентации доклада | 1 |
| Владение профессиональной лексикой | 1 |
| Итого: | 5 |

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

## 4. Методические рекомендации по написанию эссе

***Эссе*** - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

*Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

***Как подготовить и написать эссе?***

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

***Дискуссия*** (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## 7. Методические рекомендации по написанию реферата

Слово "реферат" (от латинского – referre – докладывать, сообщать) означает сжатое изложение в устной или письменной форме содержания какого–либо вопроса или темы на основе критического обзора информации.

Написание реферата - вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на семинарах, конференциях.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

Ясно и четко сформулировать цель и задачи реферата, отражающие тему или решение проблемы.

Найти литературу по выбранной теме; составить перечень источников, обязательных к прочтению.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

*Введение.* В этом разделе раскрывается цель и задачи работы; здесь необходимо сформулировать проблему, которая будет проанализирована в реферате, изложить своё отношение к ней, то есть мотивацию выбора; определить особенность постановки данной проблемы авторами изученной литературы; объяснить актуальность и социальную значимость выбранной темы.

*Основная часть.* Разделы, главы, параграфы основной части должны быть направлены на рассмотрение узловых моментов в теме реферата. Изложение содержания изученной литературы предполагает его критическое осмысление, глубокий логический анализ.

Каждый раздел основной части реферата предполагает детальное изучение отдельного вопроса темы и последовательное изложение структуры текстового материала с обязательными ссылками на первоисточник. В целом, содержание основной части должно отражать позиции отдельных авторов, сравнительную характеристику этих позиций, выделение узловых вопросов дискурса по выбранной для исследования теме.

*Заключение.* В заключении автор реферата должен сформулировать личную позицию в отношении изученной проблемы и предложить, может быть, свои способы её решения. Целесообразно сделать общие выводы по теме реферата и ещё раз отметить её актуальность и социальную значимость.

*Список использованных источников и литературы.*

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы, а также на усиление контроля за этой работой.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых приобретаются, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов формирует навыки изложения своих мыслей в письменной форме грамотным языком, хорошим стилем.

В зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на два основных типа: научно-проблемные и обзорно-информационные.

*Научно-проблемный реферат*. При написании такого реферата следует изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

*Обзорно-информационный реферат*. Разновидностями такого реферата могут быть следующие:

1) краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины;

2) подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за определенный период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

Темы рефератов определяются преподавателем. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается аспирантами самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 15 страниц машинописного текста через 1,5 интервала. При оформлении реферата необходимо ориентироваться на правила и установленные стандарты для учебных и научных работ.

Реферат сдается в указанные преподавателем сроки.

Критерии оценивания:

- достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);
- уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);
- личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);
- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);
- культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);
- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);
- качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);
- корректное использование литературных источников, грамотное оформление ссылок.

## 8. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие

вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и,

следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.02.01 ВСЕОБЩАЯ ИСТОРИЯ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Абрамов С. М., к.пед.н., доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..….3

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…...6

ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ……10

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ...15

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……..18

ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ…….19

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ……...22

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……24

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;

- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Всеобщая история*» обращаю внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и

исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Всеобщая история»* являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- решение кейс-задач;
- подготовка контрольной работы;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный,

кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель –

познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное,

составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА

Одной из форм текущего контроля является доклад, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада является обязательной для обучающихся, если доклад указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Обычно доклад сопровождается представлением презентации.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обусловливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

*Выступление*

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

*Презентация*

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

*Требования к оформлению презентации*

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносится опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

# ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными задания понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

Примером практико-ориентированного задания по дисциплине «*Всеобщая история*» выступает **анализ исторического документа.**

Алгоритм анализа исторического документа:

1. Происхождение текста.

1.1. Кто написал этот текст?

1.2. Когда он был написан?

1.3. К какому виду источников он относится: письмо, дневник, официальный документ и т.п.?

2. Содержание текста.

Каково содержание текста? Сделайте обзор его структуры. Подчеркните наиболее важные слова, персоналии, события. Если вам не известны какие-то слова, поработайте со словарем.

3. Достоверна ли информация в тексте?

3.1. Свидетелем первой или второй очереди является автор текста? (Если автор присутствовал во время события, им описываемого, то он является первоочередным свидетелем).

3.2. Текст первичен или вторичен? (Первичный текст современен событию, вторичный текст берет информацию из различных первичных источников. Первичный текст может быть написан автором второй очереди, то есть созданным много позже самого события).

4. Раскройте значение источника и содержащейся в ней информации.

5. Дайте обобщающую оценку данному источнику.

- Когда, где и почему появился закон (сборник законов)?
- Кто автор законов?
- Чьи интересы защищает закон?
- Охарактеризуйте основные положения закона (ссылки на текст, цитирование).
- Сравните с предыдущими законами.
- Что изменилось после введения закона?
- Ваше отношение к этому законодательному акту (справедливость, необходимость и т.д.).

# ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

# ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ

Целью такого вида самостоятельной работы, как решение кейсов, является формирование умения анализировать в короткие сроки большой объем неупорядоченной информации, принятие решений в условиях недостаточной информации.

Кейс-задание (англ. case - случай, ситуация) - метод обучения, основанный на разборе практических проблемных ситуаций - кейсов, связанных с конкретным событием или последовательностью событий.

Различают следующие виды кейсов:

- иллюстративные,
- аналитические,
- кейсы, связанные с принятием решений.

Подготовка кейс-задания осуществляется в следующей последовательности:

1) подготовить основной текст с вопросами для обсуждения:

- титульный лист с кратким запоминающимся названием кейса;

- введение, где упоминается герой (герои) кейса, рассказывается об истории вопроса, указывается время начала действия;

- основная часть, где содержится главный массив информации, внутренняя интрига, проблема;

- заключение (в нем решение проблемы, рассматриваемой в кейсе, иногда может быть не завершено);

2) подобрать приложения с подборкой различной информации, передающей общий контекст кейса (документы, публикации, фото, видео и др.);

3) предложить возможное решение проблемы.

Планируемые результаты самостоятельной работы в ходе решения кейсов:

- способность студентов анализировать результаты научных исследований и применять их при решении конкретных исследовательских задач;

- готовность использовать индивидуальные креативные способности для оригинального решения исследовательских задач;

- способность решать нестандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

Алгоритм решения кейс-задачи студентом можно представить, как взаимосвязь последовательных действий:

1. Понимание задачи:

- усвоение какой учебной темы предлагает решение кейса;

- какого рода результат требуется;

- нужно ли дать оценку тому, что произошло, или рекомендации в отношении того, что должно произойти;

- если требуется прогноз, на какой период времени вы должны разработать подробный план действий;

- какая форма презентации требуется, каковы требования к ней;

- сколько времени вы должны работать с кейсом?

2. Просмотр кейса. После того как студенты узнали, каких действий от них ждут, они должны "почувствовать" ситуацию кейса:

- посмотреть его содержание, старясь понять основную идею и вид предоставленной информации;

- если на этой стадии возникают вопросы, или "выскакивают" важные мысли, или кажутся подходящими те или иные концепции курса, прочитав текст до конца, следует их выписать;

- после этого прочитать кейс медленнее, отмечая маркером или записывая пункты, которые кажутся существенными.

3. Составление описания как путь изучения ситуации и определения тем. При просмотре кейса вы неизбежно начнете:

- структурировать ситуацию, оценивая одни аспекты как важные, а другие как несущественные;

- определить и отобразить все моменты, которые могли иметь отношение к ситуации. Из них можно построить систему взаимосвязанных проблем, которые сделали ситуацию заслуживающей анализа;

- рассмотреть факторы, находящиеся вне прямого контекста проблемы, поскольку они могут быть чрезвычайно важны;

- выделить "темы" – связанные группы факторов, которые могут воздействовать на каждый аспект ситуации. Например, одна их часть может иметь дело с воспринимаемым низким качеством, другая – с изменениями в поведении конкурента;

- описать ситуацию.

4. Диагностика проблемы. Процесс определения проблемы включает в себя следующие действия:

- вспомнить изученные ранее темы и провести по ним мозговой штурм для выявления потенциально соответствующих кейсу теоретических знаний;

- вертикально структурируйте вопрос, начиная с тех, которые касаются отдельных работников, затем группы или подразделения, организации в целом и, наконец, окружающей среды;

- изучите обстоятельства возникновения ситуации;

- не забывать возвращаться к информации кейса и более внимательно рассматривать факторы, ставшие важными в ходе анализа.

5. Формулировка проблем. На этой стадии следует:

- письменно сформулировать восприятие основных проблем;

- при наличии нескольких проблем следует установить их приоритетность, используя следующие критерии:

- важность – что произойдет, если эта проблема не будет решена;

- срочность – как быстро нужно решить эту проблему;

- иерархическое положение — до какой степени эта проблема является причиной других проблем;

- разрешимость – можете ли вы сделать что-либо для ее решения.

6. Выбор критериев решения проблемы. Сразу после выяснения структуры проблемы следует подумать о критериях выбора решений.

7. Генерирование альтернатив. Важно разработать достаточно широкий круг вариантов решения проблемы, опираясь на известные или изучаемые концепции, чтобы предложить лучшие способы действий, опыт решения других кейсов, креативные методы (мозговой штурм, аналогия, метафора и др.).

8. Оценка вариантов и выбор наиболее подходящего из них.

- необходимо определите критерии предпочтительности варианта;

- критерии выбора варианта должны быть основаны на том, в какой мере они способствуют решению проблемы в целом, а также по признакам выполнимости, быстроты, эффективности, экономичности;

- каждый из критериев необходимо проанализировать с позиций всех групп интересов;

- при оценке вариантов вы должны подумать о том, как они будут воздействовать не только на центральную проблему, но и на всю ситуацию в целом;

- определите вероятные последствия использования ваших вариантов.

9. Презентация выводов.

## ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

- ***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе.

- ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с

пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).

7. Использование дополнительного материала.

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу. Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Всеобщая история*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Всеобщая история*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..……..3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….……..…..……..6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……10

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….……18

ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ…….22

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ....27

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……30

ПОДГОТОВКА ЭССЕ……31

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ…….....34

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……36

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*История России*» обращаю внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*История России*» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- подготовка эссе;
- подготовка контрольной работы;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

### Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории

1.История как наука. Сущность, формы, функции исторического знания.

2.Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника.

3.Концепции исторического процесса.

4.История России - неотъемлемая часть всемирной истории.

5.Историография отечественной истории.

### Тема 2. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян

1.Этногенез восточных славян.

2.Славяне: расселение, занятия, общественное устройство, верования.

3.Предпосылки образования государственности у восточных славян

4.Норманнская и антинорманнская теории.

5. Первые князья династии Рюриковичей.

6. Русь и Византия. Первые договоры.

### Тема 3. Киевская Русь

1. Социально-экономический и общественно-политический строй Киевской Руси (конец X – первая треть XII вв.).

2.Формирование системы государственного управления. Князья Игорь, Ольга, Святослав.

3. Князь Владимир. Крещение Руси и его значение.

4. Ярослав Мудрый. «Русская правда» - первый свод законов Древнерусского государства. Владимир Мономах.

### Тема 4. Русь в эпоху феодальной раздробленности

1.Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности.

2. Политическая раздробленность на Руси

а) Новгородская боярская республика.

б) Владимиро-Суздальская Русь. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо.

в) Галицко-Волынская земля. Ростислав Мстиславич, Даниил Романович.

г) Киевская земля в период феодальной раздробленности.

3. Последствия раздробленности.

4. Завоевательные походы монголов и нашествие Батыя на Русь.

5. Борьба с немецко-шведской агрессией. Деятельность А.Невского

6. Золотоордынское влияние на развитие средневековой Руси: оценки историков.

## Тема 5. Складывание Московского государства в XIV - XVI вв. (XIV – начало XVI вв.)

1.Предпосылки и особенности процесса объединения русских земель.

2.Этапы политического объединения, их характеристика и содержание. Иван Калита, Дмитрий Донской.

3.Социально-экономическое развитие и формирование политических основ Российского государства при Иване III и Василии III.

4. Внутренняя и внешняя политика Ивана IV.

5. Культура Руси XIV – начала XVI вв.

## Тема 6. Российское государство в XVII в.

1.Смутное время начала XVII в.

2.Развитие Российского государства при первых царях династии Романовых:

а) новые явления в социально-экономической жизни;

б) движение социального протеста;

в) государственно-общественное развитие;

г) реформы патриарха Никона и церковный раскол;

д) внешняя политика России в XVII в., присоединение новых территорий

## Тема 7. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и начало российской модернизации

2. Внешняя политика Петра I. Рождение Российской империи.

3. «Эпоха дворцовых переворотов» (1725–1762 гг.).

4.Царствование Екатерины II:

а) социально-экономическое развитие России во 2-й половине XVIII в.;

б) «Просвещенный абсолютизм»: содержание, особенности, противоречия.

4.Российское государство в конце XVIII века. Павел I.

5.Внешняя политика России

6.Европеизация и секуляризация русской культуры: результаты и последствия.

## Тема 8. Россия в XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М. Сперанский.

2. Внешняя политика в первой четверти XIX в.

3. Внутренняя и внешняя политика императора Николая I.

4. Александр II. Отмена крепостного права и ее влияние на социально-экономическое развитие страны.

5.Либерально-буржуазные реформы 60–70-х гг. XIX в. и их последствия.

6. «Контрреформы» Александра III: корректировка реформаторского курса.

7.Общественно-политические движения (консервативный, либеральный, революционный лагерь).

8.Внешняя политика России во второй половине XIX в.

9. Культура и общественная жизнь России в XIX в.

## Тема 11. Россия в XX в.

1.Проблемы российской модернизации на рубеже XIX –XX вв. Программа индустриализации С. Ю. Витте. Реформы П. А. Столыпина.

2.Революция 1905–1907 гг. в России. Становление многопартийности и парламентаризма в России.

3. Внешняя политика. Первая мировая война.

4.Февральская революция 1917 года. Октябрь 1917 года: приход к власти большевиков.

5.Гражданская война в России и первое десятилетие Советской власти

6. Новая экономическая политика: цели, направления, результаты.

7.Социально-экономические преобразования в СССР:

а) индустриализация страны: необходимость, источники, методы, итоги;

б) коллективизация сельского хозяйства;

в) формирование и упрочение административно-бюрократической системы.

8. Политическая система СССР в 1930-е годы. Завершение «культурной революции».

9. Образование СССР. Внешняя политика СССР в 1930-е гг.

10. СССР во Второй мировой войне

а) подготовка страны к войне, этапы войны;

б) крупнейшие сражения, партизанское движение, работа тыла;

в) СССР и союзники во Второй мировой войне;

г) итоги войны, цена Великой победы.

11. СССР в послевоенный период

12. Социально-экономическое и общественно-политическое развитие СССР в 1946–1953 гг.

13.Успехи и противоречия социально-экономического и внешне-политического развития страны под руководством Н. С. Хрущева

14. Советское общество в эпоху «застоя» в период руководства Л.И. Брежнева

15. СССР в середине 1980-1990 гг.

а) Экономические преобразования в стране. Политика «ускорения». «Перестройка» в СССР.

б) Концепция «Нового политического мышления» и ее претворение в жизнь.

в) Реформирование политической системы. Распад СССР.

## Тема 17. Россия и мир в начале XXI в.

1. Геополитические последствия распада СССР. Провозглашение суверенитета Российской Федерации. 2.Формирование новой государственности. Конституция 1993 г.

3. Социально-экономические преобразования. Рыночная модернизация страны.

4. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации. Россия и мир на рубеже XX– XXI.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории

История
Исторический факт
Исторический источник
Интерпретация
Этнос
Менталитет
Государство
Цивилизация
Формация
Классы
Прогресс
Регресс
Общественно-экономическая формация
Геополитика

### Тема 2. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян

Великое переселение народов
Этногенез
Военная демократия
Язычество
Полюдье
Повоз
Погосты и уроки
Феодализм
Варяги
Вервь
Вече
Племенной союз
Государство
Князь
Русь
Волхвы
Анты и венеды
Отроки
Смерды
Закупы
Рядовичи
Холопы

### Тема 3. Киевская Русь

«Русская правда»
Вотчина
Боярская дума
Децентрализация
Уделы
Централизация
Поместье
Воевода
Ремесло
Феодализм
Феодальные отношения
Усложнение социальной структуры
Культура народная, культура религиозная
Фольклор
Храм
Икона фреска
Летописание
Эволюция государственности
Хазары, половцы, печенеги

**Тема 4. Русь в эпоху феодальной раздробленности**

Великий князь
Княжеский двор
Дружина
Междоусобные войны
Феодальная раздробленность
Феодальные центры
Боярская республика
Посадник
Тысяцкий
Сепаратизм
Последствия раздробленности
Держава Чингисхана
Золотая Орда
Монголо-татарское нашествие
Баскак
Выход
Подушная подать
Монголо-татарское иго
Ярлык
Проблема взаимовлияния
Вторжения с северо-запада
Ливонский орден
Рыцари

## Тема 5. Складывание Московского государства в XIV - XVI вв. (XIV – начало XVI вв.)

Централизация
Приказы
Поместье
Дворяне
Местничество
Кормление
Крепостное право
Боярская дума
Натуральное хозяйство
Судебник
Государев дворец
Государева казна
Государственные символы
«Москва – третий Рим»
Сословно-представительная монархия
Земский собор
Митрополит
Крепостное право
Венчание на царство
Избранная рада
Реформа
Приказы
Стрелецкое войско
Стоглав
Опричнина
Губные избы
Династический кризис

## Тема 6. Российское государство в XVII в.

Смутное время
Интервенция
Крестьянская война
Семибоярщина
Самозванство
Народное ополчение
Сословно-представительная монархия
Патриарх
«Бунташный век»
Тягло
Урочные и заповедные лета
Мануфактуры
Юридическое закрепощение крестьян
Личная зависимость

Внеэкономическая эксплуатация
Стрельцы
Казаки
Полки нового строя
Раскол в Русской православной церкви
Старообрядчество
Ярмарка
Абсолютная монархия

## Тема 7. Россия в XVIII в.

Абсолютизм
Империя
Регулярная армия
Синод
Сенат
Министерства
Коллегии
«Великое посольство»
Подушная подать
Табель о рангах
Рекруты
Ассамблеи
Кунсткамера
Протекционизм
Меркантилизм
Государственная монополия
Дворцовые перевороты
Гвардия
Верховный Тайный совет
Кондиции
«Бироновщина»
Просвещенный абсолютизм
Уложенная комиссия
Жалованная грамота
Приписные крестьяне
Обер-прокурор
Господствующее сословие
Податные сословия
Крестьянская война

## Тема 8. Россия в XIX в.

Либеральные реформы
Конституционализм
Негласный комитет
Государственный Совет

Отечественная война
Конституция
Монархия
Крестьянский вопрос
Либерализм
Аракчеевщина
Реакция
Консерватизм
Общественное движение
Декабристы
Западники
Славянофилы
Теория «официальной народности»
Восточный вопрос
Бюрократизация
Кодификация
Финансовая реформа Е.Ф. Канкрина
Буржуазия
Капитализм
Рабочий класс
Промышленный переворот
Крестьянская реформа
Выкупные платежи
Временно-обязанные крестьяне
Уставные грамоты
Крестьянская община
Народничество, радикализм
Рабочее движение
Марксизм
Социал-демократия
Контрреформы
Легитимность
Выкупная сделка
Мировой суд
Земство
Всесословная воинская повинность
Буржуазия, пролетариат
Индустриализация и модернизация
Союз трех императоров

## Тема 9. Россия в XX веке.

Монополия
Промышленный подъем
Депрессия
Модернизация

Революция
Манифест
Конституционная монархия
Политическая партия
Государственная Дума
Прогрессивный блок
Революционные партии
Антанта
Тройственный союз
Аграрная реформа
Отруб, хутор
Советы
Большевики, меньшевики
Временное правительство
Республика
Двоевластие
Учредительное собрание
Первая Мировая война

Совет народных комиссаров
Красная Армия
Белое движение
Гражданская война
Сепаратный мирный договор
Иностранная интервенция
Мировая революция
Декреты
Военный коммунизм
Продразверстка
Авторитаризм
Тоталитаризм
Коминтерн
Новая экономическая политика
Продналог
Индустриализация
Коллективизация
Культурная революция
«Мюнхенский сговор»
Лига Наций
Коллективная безопасность
Вторая Мировая война
Пакт о ненападении
Государственный Комитет обороны, Ставка Верховного главнокомандования
Эвакуация

Антигитлеровская коалиция
Второй фронт
Коренной перелом
Партизанское движение, подпольное движение
Сопротивление
Фашизм, японский милитаризм
Ленд-лиз
Капитуляция
ООН
НАТО, ОВД
Репрессии
Либерализация политического режима
Десталинизация
Денежная реформа
Мировая социалистическая система
«Оттепель»
ГУЛАГ
Реабилитация
«Холодная война»
Совхоз
Целина
Мелиорация
Спутник
Освоение космоса
Паритет
Правозащитное движение
Диссиденты
Развитой социализм
Герантократия
Разрядка
«Теневая экономика»
Концепция развитого социализма
Разрядка международной напряженности
Стабильность кадров
Реформа хозяйственного механизма
Экстенсивный путь развития
Страны социалистической ориентации
Перестройка
Гласность
«Новое политическое мышление»
Плюрализм
СНГ
Приватизация
Прибыль и рентабельность
Госприемка

«Шоковая терапия»
Ваучер
Распад СССР
Многопартийность
Возрождение парламентаризма
Рыночная экономика
Борьба с экстремизмом и терроризмом
Дефолт
Стабилизация
Финансовый кризис
Содружество Независимых государств

## Тема 17. Россия и мир в начале XXI в.

Правовое государство
Гражданское общество
Рыночная экономика
Дефолт
Вертикаль власти
Олигархи
Глобализация
Совет Федерация
Государственная Дума
Совет Европы
ВТО

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный,

кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель –

познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков,

вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

## ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА

Одной из форм текущего контроля является доклад, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада является обязательной для обучающихся, если доклад указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Обычно доклад сопровождается представлением презентации.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обусловливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

*Выступление*

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

*Презентация*

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

*Требования к оформлению презентации*

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносится опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков,

необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными задания понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;
- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;
- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

Примером практико-ориентированного задания по дисциплине «*История России*» выступает **анализ исторического документа.**

Алгоритм анализа исторического документа:

1. Происхождение текста.

1.1. Кто написал этот текст?

1.2. Когда он был написан?

1.3. К какому виду источников он относится: письмо, дневник, официальный документ и т.п.?

2. Содержание текста.

Каково содержание текста? Сделайте обзор его структуры. Подчеркните наиболее важные слова, персоналии, события. Если вам не известны какие-то слова, поработайте со словарем.

3. Достоверна ли информация в тексте?

3.1. Свидетелем первой или второй очереди является автор текста? (Если автор присутствовал во время события, им описываемого, то он является первоочередным свидетелем).

3.2. Текст первичен или вторичен? (Первичный текст современен событию, вторичный текст берет информацию из различных первичных источников. Первичный текст может быть написан автором второй очереди, то есть созданным много позже самого события).
4. Раскройте значение источника и содержащейся в ней информации.
5. Дайте обобщающую оценку данному источнику.
- Когда, где и почему появился закон (сборник законов)?
- Кто автор законов?
- Чьи интересы защищает закон?
- Охарактеризуйте основные положения закона (ссылки на текст, цитирование).
- Сравните с предыдущими законами.
- Что изменилось после введения закона?
- Ваше отношение к этому законодательному акту (справедливость, необходимость и т.д.).

## ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

## ПОДГОТОВКА ЭССЕ

**Эссе** - прозаическое сочинение небольшого объема и свободной композиции на частную тему, трактуемую субъективно и обычно неполно. (Словарь Ожегова)

Жанр эссе предполагает свободу творчества: позволяет автору в свободной форме излагать мысли, выражать свою точку зрения, субъективно оценивать, оригинально освещать материал; это размышление по поводу

когда-то нами услышанного, прочитанного или пережитого, часто это разговор вслух, выражение эмоций и образность.

Уникальность этого жанра в том, что оно может быть написано на любую тему и в любом стиле. На первом плане эссе − личность автора, его мысли, чувства, отношение к миру. Однако необходимо найти оригинальную идею (даже на традиционном материале), нестандартный взгляд на какую-либо проблему. Для грамотного, интересного эссе необходимо соблюдение некоторых правил и рекомендаций.

**Особенности эссе:**

- - наличие конкретной темы или вопроса;
- - личностный характер восприятия проблемы и её осмысления;
- - небольшой объём;
- - свободная композиция;
- - непринуждённость повествования;
- - внутреннее смысловое единство;
- - афористичность, эмоциональность речи.

**Эссе должно иметь следующую структуру:**

1. Вступление (введение) определяет тему эссе и содержит определения основных встречающихся понятий.

2. Содержание (основная часть) - аргументированное изложение основных тезисов. Основная часть строится на основе аналитической работы, в том числе - на основе анализа фактов. Наиболее важные обществоведческие понятия, входящие в эссе, систематизируются, иллюстрируются примерами. Суждения, приведенные в эссе, должны быть доказательны.

3. Заключение - это окончательные выводы по теме, то, к чему пришел автор в результате рассуждений. Заключение суммирует основные идеи. Заключение может быть представлено в виде суммы суждений, которые оставляют поле для дальнейшей дискуссии.

**Требования, предъявляемые к эссе:**

1. Объем эссе не должен превышать 1–2 страниц.

2. Эссе должно восприниматься как единое целое, идея должна быть ясной и понятной.

3. Необходимо писать коротко и ясно. Эссе не должно содержать ничего лишнего, должно включать только ту информацию, которая необходима для раскрытия вашей позиции, идеи.

4. Эссе должно иметь грамотное композиционное построение, быть логичным, четким по структуре.

5. Эссе должно показывать, что его автор знает и осмысленно использует теоретические понятия, термины, обобщения, мировоззренческие идеи.

6. Эссе должно содержать убедительную аргументацию для доказательства заявленной по проблеме позиции. Структура любого

доказательства включает по меньшей мере три составляющие: тезис, аргументы, вывод или оценочные суждения.

- Тезис — это сужение, которое надо доказать.
- Аргументы — это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса.
- Вывод — это мнение, основанное на анализе фактов.
- Оценочные суждения — это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах.

Приветствуется использование:

- Эпиграфа, который должен согласовываться с темой эссе (проблемой, заключенной в афоризме); дополнять, углублять лейтмотив (основную мысль), логику рассуждения вашего эссе. Пословиц, поговорок, афоризмов других авторов, также подкрепляющих вашу точку¬ зрения, мнение, логику рассуждения.
- Мнений других мыслителей, ученых, общественных и политических деятелей.
- Риторические вопросы.
- Непринужденность изложения.

Подготовка и работа над написанием эссе:

- изучите теоретический материал;
- уясните особенности заявленной темы эссе;
- продумайте, в чем может заключаться актуальность заявленной темы;
- выделите ключевой тезис и определите свою позицию по отношению к нему;
- определите, какие теоретические понятия, научные теории, термины помогут вам раскрыть суть тезиса и собственной позиции;
- составьте тезисный план, сформулируйте возникшие у вас мысли и идеи;
- для каждого аргумента подберите примеры, факты, ситуации из жизни, личного опыта, литературных произведений;
- распределите подобранные аргументы в последовательности;
- придумайте вступление к рассуждению;
- изложите свою точку зрения в той последовательности, которую вы наметили.
- сформулируйте общий вывод работы.

При написании эссе:

- напишите эссе в черновом варианте, придерживаясь оптимальной структуры;
- проанализируйте содержание написанного;
- проверьте стиль и грамотность, композиционное построение эссе, логичность и последовательность изложенного;

- внесите необходимые изменения и напишите окончательный вариант.

**Требования к оформлению:**

- Титульный лист.
- Текст эссе.
- Формат листов-А4. Шрифт- Times New Roman, размер-14,расстояние между строк- интерлиньяж полуторный, абзацный отступ-1,25см., поля-30мм(слева), 20мм (снизу),20мм (сверху), 20мм (справа). Страницы нумеруются снизу по центру. Титульный лист считается, но не нумеруется.

**Критерии оценивания эссе:**

1. Самостоятельное проведение анализа проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария
2. Четкость и лаконичность изложения сути проблемы
3. Материал излагается логически последовательно
4. Аргументированность собственной позиции
5. Наличие выводов
6. Владение навыками письменной речи

## ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

- ***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном

контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе.

- ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала.
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу. Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*История России*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*История России*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как

подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# Б1.О.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В.

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для обучающихся при организации самостоятельной работы по дисциплине «История России» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

Контрольная работа является одной из форм текущего контроля знаний студентов. Контрольная работа – это индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Контрольная работа представляет собой самостоятельный труд студента, который способствует углубленному изучению материала**.** Целью выполнения контрольной работы является:

- формирование специальных знаний по выбранной теме;
- углубленное изучение освоенного материала по дисциплине.

Основные задачи контрольной работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;

2) выработка навыков самостоятельной работы;

3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе;

4) приобретение, систематизация и расширение знаний;

5) формирование умений и навыков работы с монографической и другой научной литературой, а также нормативными документами;

6) развитие умения правильно формулировать и раскрывать теоретические положения, аргументировать самостоятельные выводы и предложения на основе сопоставления различных мнений и взглядов;

7) овладение терминологией.

Учебным планом специальности, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Данный вид письменной работы выполняется по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы, требования к ее оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольной работы по дисциплине «История России» призвано стимулировать самостоятельную работу студентов; направлено на формирование знаний основных категорий, развитие навыков логического мышления.

Работа должна включать титульный лист, оглавление, введение, основную часть, состоящую из нескольких разделов или параграфов, заключение, список источников и литературы.

Во **«введении»** необходимо кратко раскрыть значение и актуальность изучаемого вопроса (темы), назвать основные задачи работы, ее хронологические рамки, обосновать структуру, дать краткий обзор источников и литературы по теме.

Обзор источников и литературы не должен сводиться к перечислению использованного автором нормативного материала и опубликованных статей. В нем следует дать анализ источников и литературы.

**Основная часть** контрольной работы должна быть изложена в соответствии с планом, освещать состояние и содержать анализ рассматриваемых вопросов с учетом современного уровня развития теоретических знаний и опыта практической работы организаций.

При раскрытии той или иной темы студент должен стремиться подробно и глубоко изложить круг вопросов, входящих в нее. По мере рассмотрения материала отдельные положения контрольной работы следует иллюстрировать примерами из литературы и, по

возможности, из практики работы конкретных архивов с обязательными ссылками на литературу и источники.

В **заключении** контрольной работы необходимо подвести итоги теоретической и практической разработки вопросов.

**Список источников и литературы** представляет собой перечень использованных работ по теме, в котором указываются фамилии и инициалы автора (авторов), название работы, место, время ее опубликования и страницы.

## 1. Оформление контрольной работы

Перед тем, как рассмотреть оформление заголовков, отметим, что работа обычно печатается 14-м размером шрифта Times New Roman (это не регламентируется ГОСТом, однако используется в большинстве отечественных высших учебных заведений). Общепринятый междустрочный интервал – 1,5. На каждой странице должны присутствовать стандартные поля (сверху и снизу – по 2 см, слева – 3 см, справа – 1 см). Объем контрольной работы-15-20 страниц машинописного текста.

Работа нумеруется с помощью арабских цифр, начиная со страницы введения. Она в общей структуре следует под номером «3».

Контрольная по ГОСТу 2018, пример которой (фрагменты) в иллюстративном виде подаем в данной статье, должна содержать заголовки первого и иногда второго уровней. Правила их присутствия в исследовании такие:

1. заголовки выравниваются по центру или по правому краю (этот момент выясняют у научного руководителя или в методичке);
2. названия структурных элементов (ОГЛАВЛЕНИЕ, ЗАДАНИЕ 1, ЗАДАНИЕ 2, ЗАКЛЮЧЕНИЕ) прописываются заглавными буквами;
3. используется тот же размер шрифта, что и для основного текста (по умолчанию – 14);
4. заголовки выделяют полужирным начертанием;
5. между заголовком и текстом оставляют две пустые строчки;
6. переносы, авторские сокращения, точки в конце заголовков не используются;
7. новые разделы и подразделы начинаются с чистого листа.

Каждый новый раздел основной части начинается с новой страницы. Это же правило относится и к другим структурным частям работы: введению, заключению, списку источников и литературы, приложениям.

Расстояние между заголовком и последующим текстом, а также расстояние между заголовком главы и параграфа должно быть равно одному межстрочному интервалу. Расстояние между последней строкой предыдущего параграфа и названием следующего параграфа – два межстрочных интервала. Точку в конце заголовка, расположенного в середине строки, не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовке нельзя.

**Нумерация** страниц проставляется арабскими цифрами, в центре нижней части листа без точки, начиная с третьей страницы. На титульном листе и содержании номера страниц не ставятся. Необходимо соблюдать сквозную нумерацию во всей работе. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию.

**Иллюстрации.** Часть информации, содержащейся в курсовой работе, оформляется в виде иллюстраций (чертежи, схемы, графики, таблицы, фотоматериалы). Они могут располагаться в тексте или помещаться в приложении. Но в любом случае на каждую иллюстрацию в тексте должны быть ссылки. Иллюстрации, расположенные в тексте имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Причем, отдельно нумеруются рисунки, отдельно таблицы. Иллюстрации, расположенные в приложениях располагаются под

номерами приложений. Ссылки на них в тексте предполагают обращение к соответствующим приложениям

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Порядок защиты контрольной работы.

1.Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2.Ответы студента на вопросы преподавателя.

**Советы обучающемуся:**

- Вступление должно быть кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Вариант 1. Тема: Древняя Русь

План

1. Проблема этногенеза восточных славян.
2. Восточные славяне в древности: общинные традиции и порядки.
3. Языческая культура древних славян.

### Вариант 2. Тема: Киевская Русь.

План

1.Политическое устройство Киевской Руси.

2. Первые русские князья.

2.Социально-экономическое развитие.

3.Культура Древнерусского государства.

### Вариант 3. Тема: Крещение Руси.

План

1.Языческая реформа князя Владимира.
2.Принятие православного христианства.
3.Развитие культуры и искусства под влиянием новой религии.
4.Роль церкви в общественной и государственной жизни страны.

**Вариант 4. Тема: Объединение русских земель и образование Московского государства (XIV–XV вв.).**

План
1.Предпосылки и начало объединения русских земель вокруг Москвы.
2.Борьба Великого московского князя с удельными князьями.
3.Образование российского централизованного государства. Иван III. Василий III.

**Вариант 5. Тема: Иван Грозный. Попытки централизации государства.**

План
1.Реформы 1549–1560 гг.: причины, содержание, результаты.
2.Опричнина: истоки, содержание, последствия.
3.Место Ивана Грозного в российской истории.

**Вариант 6. Тема: Смутное время в России.**

План
1. Смутное время, его причины, сущность и проявления.
2. Проблемы исторического выбора в период Смуты, возможные альтернативы развития.
3. Национально-патриотический подъем в начале XVII века. Земское ополчение.
4. Возникновение новой династии: исторический выбор.

**Вариант 7. Тема: Церковная реформа середины XVII в.**

План
1. Церковная реформа патриарха Никона.
2. Раскол и возникновение старообрядчества.
3. Последствия церковной реформы для духовной жизни и культурного развития страны.

**Вариант 8. Тема: Реформы Петра I**

1. Предпосылки преобразований Петра I.
2. Петровские реформы: содержание и характеристика.
3. Методы проведения реформ, их результаты и цена

**Вариант 9. Тема: Внешняя политика российской империи во второй половине XVIII в.**

План
1. Русско-турецкие войны.
2. Разделы Польши.
3. Значение присоединения новых территорий.
4. Выдающиеся полководцы XVIII века.

**Вариант 10. Тема: Проблема эволюции и революции в истории России**

План
1. Реформы и реформаторы в России.
2. Попытки либеральных реформ при Александре I.
3. Декабристы.
4. Буржуазно-демократические реформы Александра II и их последствия.

5. Общественная мысль и движение народников.

**Вариант 11. Тема: Великие реформы Александра II.**

План

1.Предпосылки и подготовка реформ.

2.Содержание реформ 60-70-х гг.:

а) манифест и "Положения 19 февраля" 1861 г.;

б) земская и городская реформа;

в) судебная реформа;

г) военная реформа;

д) реформа в области просвещения.

**Вариант 12. Тема: Общественно-политические движения XIX века в России.**

План

1. Общественное движение начала XIX века. Декабристы.

2. Общественное движение середины XIX века. Славянофилы. Западники. Либеральное направление.

3. Развитие общественно-политических сил в середине XIX в. народничество.

3. Проникновение марксизма в Россию.

**Вариант 13. Тема: Россия в условиях первой мировой войны и общенационального кризиса.**

План:

1. Начало, причины, характер и масштабы первой мировой войны.

2. Цели вступления России в мировую войну. Отношение к войне классов и партий России.

3. Последствия войны для России.

**Вариант 14.Тема: От реформ к революциям.**

План

1. Российские реформы в контексте общемирового развития.

2. Революция 1905-1907 гг. и ее итоги.

3. Социальная трансформация общества.

4. Реформы П.А. Столыпина

5. Россия в условиях первой мировой войны и общенационального кризиса.

6. Революция 1917 года: от февраля к октябрю: результаты и последствия

**Вариант 15. Тема: Гражданская война в России.**

План

1.Причины и начало гражданской войны.

2.Характеристика основных противоборствующих сил:

а) «демократическая контрреволюция»;

б) антисоветские силы;

в) стратегия и тактика большевиков.

3. Завершение гражданской войны, ее итоги и уроки.

**Вариант 16. Тема: Образование СССР.**

План:

1. Образование самостоятельных Советских республик и отношения между ними (1918-1922 гг.).

2.Причины, предпосылки и процесс образования СССР. Дискуссия по вопросу о форме союзного государства.

3. I Всесоюзный съезд Советов.
4. Конституции СССР.

**Вариант 17. Тема: Поиски моделей советского общества.**
План
1. «Военный коммунизм» как модель советского общества.
2. Новая экономическая политика.
3. Формирование однопартийной системы.
4. Курс на строительство коммунизма в одной стране.
5. Формирование культа личности Сталина.

**Вариант 18. Тема: Политическая система советского общества.**
План
1.Формирование политической системы СССР в 20-30-е гг. Становление режима личной власти Сталина.
2.Политика репрессий. Политические процессы 30-х гг.
3.Попытки сопротивления сталинскому режиму и их последствия.

**Вариант 19. Тема: СССР в годы Второй мировой и Великой Отечественной войны. 1939–1945 гг.**
План
1. Причины и основные этапы второй мировой и Великой Отечественной войны.
2. Антигитлеровская коалиция: взаимодействие и противоречия.
3. Итоги и уроки мировой войн

**Вариант 20. Тема: Советское общество: либеральные реформы и консервативные тенденции. 1953–1985 гг.**
План
1. Смерть Сталина и борьба за власть. Начало десталинизации общества.
2. Реформы Н. С. Хрущева: планы, противоречия, итоги.
3. Политическое, социально-экономическое и духовно-нравственное развитие страны: конец 60-х-начало 80-х гг.

**Вариант 21. Тема: Основные тенденции государственно-политического и общественного развития СССР в 1985–1993 гг.**
План
1. Попытки совершенствования социализма. Перестройка: расчеты и просчеты.
2. Кризис власти. Августовские события 1991 г. и конец перестройки.
3. Формирование государственно-политической системы Российской Федерации. Становление гражданского общества.

**Вариант 22. Тема: Русская культура (X-XIII вв., XVIII в., «Золотого века», «Серебряного века», советского периода** (на выбор).
План
1. Основные направления и жанры.
2. Искусство и литература как отражение жизни общества.
3. Традиции и новаторство в культуре.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Знать:*

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса,

- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории,

- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории,

- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории),

- роль России в мировом сообществе;

*Уметь:*

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания),

- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд),

- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений,

- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса,

- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;

*Владеть:*

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую),

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации, собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности,

- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения,

- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознавать себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества граждан России.

**Критерии оценивания:**

- качество содержания текста;
- описание различных подходов, точек зрения;
- аргументированность своей точки зрения, логичность;
- грамотность;
- соответствие требованиями оформления.

**Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 2 балла

**Критерии оценки:**

6-10 баллов (50-100%) - оценка «зачтено»

0-5 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Контрольная работа,** как одна из форм, способствующих успешному контролю учебного процесса, **открывает для студента возможность** проявить умение выполнять самостоятельную работу по сбору и анализу материала, научиться делать грамотные выводы, развить умение работать со специальными литературными источниками, научиться критически подходить к их осмыслению и сравнению с уже имеющимися у него знаниями. Также студент, **создавая контрольную работу**, учится грамотно и прилежно оформлять собственный труд. Таким образом, студент, используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) добросовестное выполнение заданий;

2) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

3) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

4) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

5) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам.

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра управления персоналом

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
«История России»

## ВАРИАНТ 1

**Руководитель:**
Железникова А.В.
**Студент** гр. ТМО-21
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2021

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров
13.10.2021 г.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Безбородова С.А., к.п.н.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Иностранных языков и деловой коммуникации | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Юсупова Л. Г. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 19.09.2023 г. | Протокол № 2 от 20.10.2023 г. |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям……... 3
1.1 Повторение материала практических занятий……..... 3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов……. 42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций) ..……..... 60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения) ……. 73
1.5 Подготовка к контрольной работе 73

II. Другие виды самостоятельной работы……. 73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:
*2.1.1 Подготовка к ролевой игре*…….... 73
*2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию* ……. 74
*2.1.3 Подготовка к опросу* …… 75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного……. 75
2.3 Подготовка доклада…….. 94
2.4 Подготовка к тесту……..... 95
2.5 Подготовка к экзамену…….. 99

## I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

### 1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**My family**

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

***My student's life***

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**Ekaterinburg – an Industrial Centre**

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland**

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern

Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**My speciality is Geology**

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.

2. Petrology which studies the rocks of the Earth.

3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.

4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.

5. Historic Geology which treats of the Earth's history.

6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.

7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

Практические занятия направлены также на формирование грамматического навыка по темам: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

| ***Название темы*** | ***Страницы учебников*** | |
|---|---|---|
| | *Агабекян И. П.* | *Журавлева Р.И.* |
| Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях | 148 | 9 |
| Порядок слов в вопросительном предложении | 163-170 | 10, 24 |
| Безличные предложения | 149 | 440 |
| Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные) | 41-55 | 101, 439 |
| Имя существительное | 66-78 | 435 |

| | | |
|---|---|---|
| Артикли (определенный, неопределенный, нулевой) | 78-84 | 433 |
| Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have* | 102-104 | 6-8 |
| Оборот *there+be* | 105-107 | 100 |
| Имя прилагательное и наречие | 115 | 83 |
| Степени сравнения, сравнительные конструкции | 115-121 | 143 |
| Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат) | 261-271 | - |
| Образование видовременных форм глагола в активном залоге | 193-209 | 10, 36, 69 |

***Повторите материал практических занятий!***

**Порядок слов в английском предложении**

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

| **I** | **II** | **III Дополнение** | | | **IV Обстоятельство** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Подлежащее** | **Сказуемое** | **Косвенное без предлога** | **Прямое** | **Косвенное с предлогом** | |
| We<br>Мы | study<br>изучаем | | math<br>математику | | |
| He<br>Он | gives<br>дает | us<br>нам | lessons<br>уроки | | in this room.<br>в этой комнате |
| She<br>Она | reads<br>читает | | her notes<br>свои заметки | to Peter<br>Петру | every day.<br>каждый день |

***Вопросительное предложение***

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

**Общие вопросы**

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.
Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?
Примеры с модальными глаголами:
She can drive a car. – Она умеет водить машину.
Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot )

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.
Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?
Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

***Ответы на общие вопросы***

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not
Например: Are you a student? - Ты студент?
Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.
Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

**Специальные вопросы**

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.
Специальные вопросы могут начинаться словами:
who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?
when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?
how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?
how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

**Вопрос к прямому дополнению:**
What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

**Вопрос к обстоятельству**

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

**Вопрос к определению**

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

**Вопрос к сказуемому**

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: ”Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?”, например:
What does he do? Что он делает?

**Специальные вопросы к подлежащему**

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

**Альтернативные вопросы**

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

**Разделительные вопросы**

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:

You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:

It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

**Безличные предложения**

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

**Местоимение. The Pronoun.**
**Классификации местоимений.**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **personal** | личные |
| 2 | **possessive** | притяжательные |
| 3 | **demonstrative** | указательные |
| 4 | **indefinite and negative** | неопределенные и отрицательные |
| 5 | **quantifiers** | количественные |
| 6 | **reflexive** | возвратные |
| 7 | **reciprocal** | взаимные |
| 8 | **relative** | относительные |
| 9 | **defining** | определительные |
| 10 | **interrogative** | вопросительные |

***I. Личные (personal) местоимения***

| **Общий падеж** | | **Объектный падеж** | |
|---|---|---|---|
| **I** | я | **me** | мне, меня |
| **he** | он | **him** | его, ему |
| **she** | она | **her** | ей, о ней |
| **it** | оно, это | **it** | ей, ему, этому |
| **we** | мы | **us** | нам, нас |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **they** | они | **them** | им, их |
| **you** | ты, вы | **you** | тебе, вам |

**Внимание! He (он)** и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

| **he** | **she** | **it** |
|---|---|---|
| **a boy –** мальчик<br>**a man –** мужчина<br>**brother –** брат<br>**father –** отец<br>**Nick –** Николай<br>**Mr Grey –** мистер Грей | **a girl –** девочка<br>**a woman –** женщина<br>**sister – с**естра<br>**motherч–** мама<br>**Kate –** Катя<br>**Mrs Grey –** миссис Грей | **a cat –** кот<br>**a wall –** стена<br>**rain –** дождь<br>**love –** любовь<br>**a hand –** рука<br>**an apple -** яблоко |

**Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).**

### *II. Притяжательные (possessive) местоимения*

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы - основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
**Whose pen is it?** - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

| **Личное местоимение** | **Основная форма** | **Абсолютная форма** |
|---|---|---|
| **I –** я<br>**he –** он<br>**she –** она<br>**it – оно,** это<br>**we –** мы<br>**you –** ты, вы<br>**they -** они | **my (toy) -** моя (игрушка)<br>**his (toy) -** его (игрушка)<br>**her (toy) -** ее (игрушка)<br>**its (toy) -** его (не о человеке)<br>**our (toy) -** наша (игрушка)<br>**your (toy) -** ваша, твоя (игрушка)<br>**their (toy) -** их (игрушка) | **his -** его<br>**hers -** ее<br>**its -** его (этого)<br>**ours -** наша<br>**yours -** ваша, твоя<br>**theirs -** их |

### *III. Указательные (demonstrative) местоимения*

**this** (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

### *IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения*

**Местоимения some, any, every, и их производные**

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
**I have/l have got three apples.** *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

### *Производные от неопределенных местоимений*

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

**Thing используется для неодушевленных (что-то):**

| | | |
|---|---|---|
| **some** | **thing** | **something –** *что-то, что-нибудь* |
| **any** | | **anything -** *что-то, что-нибудь* |
| **no** | | **nothing -** *ничего, ничто* |

| | |
|---|---|
| **every** | **everything** - *все* |
| **Body/one - для одушевленных (кто-то):** | |
| **some** | **somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь* |
| **any** | **anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь* |
| **body/one** | |
| **no** | **nobody / no one -** *никого, никто* |
| **every** | **everybody /everyone –** *все, каждый* |
| Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно* | |

| | |
|---|---|
| **somewhere** - *где-нибудь, куда-нибудь* | **anywhere** - *где угодно* |
| **nowhere** - *нигде* | **everywhere** - *везде* |

### *V. Количественные (quantifiers) местоимения*

| | |
|---|---|
| **Many и much** - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**. | |
| **many girls** - *много девочек*<br>**many boys** - *много мальчиков*<br>**many books** - *много книжек* | **much snow** - *много снега*<br>**much money** - *много денег*<br>**much time** - *много времени* |
| **How many?** } **сколько?**<br>**How much?** } **сколько?** | **How many girls?** - *Сколько девочек?*<br>**How much sugar?** - *Сколько сахара?*<br>**How much sugar?** - *Сколько сахара?* |
| **a lot of...** - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного. | girls – много девочек<br>**a lot of**<br>sugar - много сахара |
| **Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.*<br>He writes **a lot.** *Он много пишет.* | |
| <u>В утвердительных</u> предложениях используйте **a lot of.**<br><u>В отрицательных</u> и в вопросительных **many/much,**<br>**Сравните:**<br>(+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*.<br>(-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?*<br>Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":**<br>Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто. | |

**Few, little, a few, a little**
**С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало),**
**а с исчисляемыми - few (мало).**

| | |
|---|---|
| **few books** - мало книг<br>**few girls** - мало девочек<br>**few boys** - мало мальчиков | **little time** - мало времени<br>**little money** - мало денег<br>**little snow** - мало снега |
| **little** } **мало (т.е. надо еще)**<br>**few** } **мало (т.е. надо еще)** | **a little** } **немного (т.е. пока хватает)**<br>**a few** } **немного (т.е. пока хватает)** |

### *VI. Возвратные (reflexive) местоимения*

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

| **Личное местоимение** | **Возвратное местоимение** | **Пример** | **Перевод** |
|---|---|---|---|
| I | myself | I did it myself. | Я сделал это сам |
| he | himself | He did it himself. | Он сделал это сам. |
| she | herself | She did it herself. | Она сделала это сама |
| you | yourself | You did it yourself. | Вы сделали это сами. |
| they | themselves | They did it themselves. | Они сделали это сами. |
| we | ourselves | We did it ourselves. | Мы сделали это сами. |

### *VII. Взаимные (reciprocal) местоимения*

**Each other -** друг друга (относится к двум лицам или предметам).
**One another** - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
**They spoke to <u>each other</u> rather friendly.** *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
**They always help <u>one another</u>.** *Они всегда помогают друг другу.*

### *VIII. Относительные (relative) местоимения*

**Who (whom), whose, which, that**

| | |
|---|---|
| **who** | **Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)**<br>**The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.* |
| | **Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение)**<br>**The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.* |
| **which** | **Для неодушевленных предметов и животных**<br>**The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.* |
| **whose** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.* |
| **that** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.* |

### *IX. Определительные (defining) местоимения*

**all**

| **Употребление** | **Примеры** | **Перевод** |
|---|---|---|
| **определяет неисчисляемые** | He spent **all his** time fishing on the | Он провел все свое время, |

| | | |
|---|---|---|
| **существительные** | lake**.** | ловя рыбу на озере. |
| **определяет исчисляемые существительные** | **All the** boys like football. **(the после all!)** | Все мальчишки любят футбол. |
| **all = everything** | I know **all/everything.** | Я знаю всё. |
| **all = everybody** | **All** were hungry. **Everybody** was hungry. | Все были голодны. Все были голодны. |
| **we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them** | We **all** love you very much = **All** of us love you very much. | Мы все тебя очень любим |

**both**

| Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| определяет существительные | **Both (the/my) friends like football.** | Оба моих друга любят футбол |
| допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both | **Both these/the men are Russian.** | Оба (эти) мужчины - русские. |
| употребляется вместо существительного | **He gave me two apples. Both were sweet.** | Он дал мне два яблока. Оба были сладкими. |
| they both = both of them you both = both of you we both = both of us | **They both (both of them) came to visit us.** | Они оба пришли навестить нас. |
| в устойчивой конструкции **both...and.** | **Both mother father were at home** | И мама, и папа были дома. |
| в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither** | **Both of them know English. Neither of them know English.** | Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского. |

**either/neither**

| | Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|---|
| **either** | любой из двух (артикль не ставится) | **I've got 2 cakes. Take either cake.** | У меня 2 пирожных. Возьми любое. |
| | каждый, оба, и тот, и другой | **There are windows on either side of the house.** | С обеих сторон дома есть окна. |
| | заменяет существительное (глагол в ед. числе) | **Either of dogs is always hungry.** | Любая из собак вечно голодная. |
| **neither** | отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой) | **Neither of examples is correct.** | Ни один из примеров не верен. |
| | в констр. neither.. .nor (ни.. .ни) | **I like neither tea, nor coffee.** | Я не люблю ни чай, ни кофе. |

**other, another, the other, the others (другой, другие)**

| | Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|---|
| **the other** | другой (второй), другой из двух | **You've got 2 balls: one and the other.** | У тебя 2 мяча: один и другой. |
| **another** | другой из многих, еще один | **Take another ball.** | Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.) |
| **other** | другие (любые), не последние | **Take other 2 balls.** | Возьми другие 2 мяча. (Из многих.) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **the others** | другие (определенные) | **There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.** | Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие. |

***X. Вопросительные (interrogative) местоимения***

| | | | |
|---|---|---|---|
| **what** | что | **What's this?** | Что это? |
| **which** | который | **Which of them?** | Который из них? |
| **who** | кто, кого | **Who was that?** | Кто это был? |
| **whom** | кого | **Whom did you meet?** | Кого ты встретил? |
| **whose** | чей | **Whose book is it?** | Чья это книга? |

Имя существительное. The Noun

| Категории | Существительное в русском языке | Существительное в английском языке |
|---|---|---|
| Число | **Изменяется** | **Изменяется** |
| Падеж | **Изменяется** | **Не изменяется** |

**The Plural Form of Nouns**

Образование множественного числа у английских существительных

| Способ образования | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| **после глухих согласных** | **a book - books**<br>**a cup - cups** | **книга - книги**<br>**чашка - чашки** |
| **после звонких согласных и гласных -** | a name - names<br>a girl - girls | **имя - имена**<br>**девочка - девочки** |
| после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es | a palace - palaces<br>a bush - bushes<br>a box - boxes<br>a church - churches | дворец - дворцы<br>куст - кусты<br>коробка - коробки церковь - церкви |
| слово заканчивается на -y: 1) гласная +y | **a toy - toys**<br>**a boy - boys** | игрушка - игрушки мальчик - мальчики |
| **2)** согласная **+** y | **a family - families**<br>**a story - stories** | **семья - семьи**<br>**история - истории** |
| слово заканчивается на *-file* | **a leaf - leaves**<br>**a shelf - shelves** | лист - листья<br>полка - полки |

Особые случаи образования множественного числа

| **Ед. число** | **Мн. число** | **Перевод** |
|---|---|---|
| man | men | мужчина - мужчины |
| woman | women | женщина - женщины |
| foot | feet | нога (стопа) - ноги (стопы) |
| child | children | ребенок - дети |
| goose | geese | гусь - гуси |
| mouse | mice | мышь - мыши |
| **ox** | oxen | **бык - быки** |
| **tooth** | teeth | **зуб - зубы** |

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

| **Со словами** one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.** | |
|---|---|
| **What apple do you want?**<br>**Какое ты хочешь яблоко?**<br>**The red one. Красное.** | **What apples do you want?**<br>**Какие яблоки ты хочешь?**<br>**The red ones. Красные.** |

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

| | |
|---|---|
| И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски. | This girl speaks English well. |
| Р. п. Это собака той девочки. | It's a dog of that girl. |
| Д. п. Я дал яблоко той девочке. . | I gave an apple to that girl. |
| В. п. Я вижу маленькую девочку. . | 1 can see a little girl. |
| Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой. | 1 like to play with this girl. |
| П. п. Я часто думаю об этой девочке. | 1 often think about this girl. |

**Притяжательный падеж. The Possessive Case**
**Образование притяжательного падежа**

| | **Образование** | **Примеры** | **Перевод** |
|---|---|---|---|
| существительные в единственном числе | **'s** | **bird's house**<br>**child's ball** | домик птички<br>мячик ребенка |
| существительные во множественном числе (группа исключений} | **'s** | **children's bail**<br>**women's rights** | мячик детей<br>права женщин |
| существительное во множественном числе | **'** | **girls' toy**<br>**birds' house** | игрушка девочек<br>домик птичек |

**Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,**

**my mother's book - мамина книга,**

**this girl's bail - мячик девочки,**

**the bird's house - домик птички**

**Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:**

**the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,**

**Артикль. The Article**

**1. Неопределенный a/an (**используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

**2. Определенный the (**может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

**Использование неопределенного артикля a**

| | |
|---|---|
| один из множества (любой) | This is a cat. |
| первое упоминание в тексте | I see a bird. |
| при упоминании профессии | My brother is a pilot. |
| в восклицательных предложениях | What a good girl!<br>What a surprise!<br>Such a fine room! |
| вместо слова один | She is coming for a weak. |
| в определенных конструкциях<br>there is a...<br>I have a…<br>he has a...<br>I see a...<br>this is a...<br>that is a…<br>It is a...<br>Iama…<br>he/she is a… | There is a book here.<br>I have got a nice coat.<br>He has a kind smile.<br>I see a wolf.<br>This is a dog.<br>That is a doctor.<br>It is a red pen.<br>I am a good swimmer.<br>He/she is a tourist |
| в ряде устойчивых словосочетаний<br>at a quarter..,<br>in a loud, (a low, an angry voice)<br>to have a good time<br>a lot of<br>to go for a walk<br>such a...<br>after a while<br>in a day (a month, a week, a year) | Come at a quarter to 8.<br>Don't speak to him in an angry voice.<br>We had a good time in the country.<br>She has got a lot of presents.<br>Let's go for a walk.<br>He is such a clever boy.<br>You'll see them after a while.<br>We are living in a day. |

**Использование определенного артикля the**

| | |
|---|---|
| если речь идет о конкретном лице или предмете | The pen is on the table. |
| при повторном упоминании того же самого объекта | I see a cat. The cat is black. |
| если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света | the sun, the moon, the Earth |
| со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный) | The only man I love<br>the main road<br>to the left, to the right<br>It was the right answer. the final test |
| с порядковыми числительными | the first, the tenth |

| | |
|---|---|
| с прилагательными в превосходной степени | the kindest, the most interesting<br>the best |
| с музыкальными инструментами и танцами | to play the piano, to dance the tango |
| с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры) | The Britons keep their traditions. |
| с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов | the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street |
| с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of | the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard |

**Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний**

| | |
|---|---|
| in the middle, in the corner | The table is in the middle of the room. |
| in the morning, In the evening, in the afternoon | I never drink coffee in the evening. |
| what's the use? | What's the use of going there so late? |
| to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market | Do you like going to the theatre?<br>He works at the shop. |
| at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market | The fact is that I have no money at all. |
| the fact is (was) that... | Where is the doctor? |
| where is the…? | We always spend summer in the country. |
| in the country, to the country | |

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

**Случаи, когда артикль не употребляется**

| | |
|---|---|
| если, перед существительным стоит притяжательное местоимение | a pen - my pen<br>a dog - his dog<br>the teacher - our teacher<br>the apple - her apple |
| если перед существительным стоит указательное местоимение | the cats - those cats<br>the books - these books<br>a mouse - this mouse |
| если стоит другое существительное в притяжательном падеже | a car - father's car<br>the horse - farmer's horse<br>a bike - brother's bike<br>the doll - sister's doll |
| если перед существительным стоит, количественное числительное | 5 balls, 7 bananas, 2 cats |
| если перед существительным стоит отрицание "no" | She has no children.<br>I see no birds. |
| перед именами | Mike, Kate, Jim, etc |
| с названиями дней недели | Sunday, Monday, etc. |
| с названиями месяцев | May, December, etc. |
| с названиями времен года | in spring, in winter |
| с названиями цветов | white, etc.<br>I like green |
| с названиями спортивных игр | football, chess, etc. |
| с названиями блюд, напитков | tea, coffee, soup, etc, |
| с названиями праздников | Easter, Christmas, etc. |

| | |
|---|---|
| с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the | English, etc. I learn English, the English language |
| с названиями стран | Russia, France, etc НО: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo |
| с названиями городов | Moscow, Paris, etc. |
| с названиями улиц, площадей | Trafalgar Square |
| с названиями парков | St James' Park, Hyde Park |
| с названиями мостов | Tower Bridge |
| с названиями одиночных гор | Kilimanjaro |
| с названиями озер | Loch Ness |
| с названиями континентов | Asia, Australia, etc. |
| с названиями одиночных островов | Cyprus |
| если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение | what animals can swim? I know what thing you have lost! |

## ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

**По своей структуре** глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

**По значению** глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

**Все формы глагола в английском языке делятся на** личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

**Глаголы в изъявительном наклонении** выражают реальное действие, передают факты:

His son goes to school. Его сын учится в школе.

She has written an interesting article. Она написала интересную статью.

A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

**Глаголы в повелительном наклонении** выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:

"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.

Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

**Глаголы в сослагательном наклонении** выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

**Глаголы в действительном залоге** выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

**Глаголы в страдательном залоге** выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:

Он прочитал эту статью с интересом.

**Глаголы несовершенного вида** обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

## Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

| Утверждение | | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|---|
| Полная форма | Краткая форма | Полная форма | Краткая форма | Am I? |
| I am | I'm | I am not | I'm not | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Is he? |
| He is | He's | He is not | He isn't | Is she? |
| She is | She's | She is not | She isn't | Is it? |
| It is | It's | It is not | It isn't | Are we? |
| We are | We're | We are not | We aren't | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Are they? |
| They are | They're | They are not | They aren't | |

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

## WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| I was | I was not | I wasn’t | Was I? |
| You were | You were not | You weren’t | Were you? |
| He was | He was not | He wasn’t | Was he? |

| | | | |
|---|---|---|---|
| She was | She was not | She wasn’t | Was she? |
| It was | It was not | It wasn’t | Was it? |
| We were | We were not | We weren’t | Were we? |
| You were | You were not | You weren’t | Were you? |
| They were | They were not | They weren’t | Were they? |

## ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.

Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.

It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)

There are three books on the desk.

They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

### Конструкция There was/There were

This is a modern town today.

There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.

This is the same town fifty years ago.

There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| There was | There was not | There wasn't | Was there? |
| There were | There were not | There weren't | Were there? |

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

## Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.
б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.
в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

| Утверждение | | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|---|
| Полная форма | Краткая форма | Полная форма | Краткая форма | Have I (got)? |
| I have (got) | I've (got) | I have not (got) | I haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Has he (got)? |
| He has (got) | He's (got) | He has not (got) | He hasn't (got) | Has she (got)? |
| She has (got) | She's (got) | She has not (got) | She hasn't (got) | Has it (got)? |
| It has (got) | It's (got) | It has not (got) | It hasn't (got) | Have we (got)? |
| We have (got) | We've (got) | We have not (got) | We haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Have they (got)? |
| They have (got) | They've (got) | They have not (got) | They haven't (got) | |

## Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| I had | I did not have | I didn't have | Did I have? |
| You had | You did not have | You didn't have | Did you have? |
| He had | He did not have | He didn't have | Did he have? |
| She had | She did not have | She didn't have | Did she have? |
| It had | It did not have | It didn't have | Did it have? |
| We had | We did not have | We didn't have | Did we have? |
| You had | You did not have | You didn't have | Did you have? |
| They had | They did not have | They didn't have | Did they have? |

## Имя прилагательное. The Adjective

| **Категории** | **Прилагательное в русском языке** | **Прилагательное в английском языке** |
|---|---|---|
| **Число** | изменяется | не изменяется |
| **Род** | изменяется | не изменяется |
| **Падеж** | изменяется | не изменяется |

## Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе

**ни приставок, ни суффиксов: small** - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.
К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

**Суффиксальное образование имен прилагательных**

| Суффикс | Пример | Перевод |
|---|---|---|
| **- ful** | use**ful**<br>doubt**ful** | **полезный**<br>**сомневающийся** |
| **- less** | help**less**<br>use**less** | **беспомощный**<br>**бесполезный** |
| **- ous** | fam**ous**<br>danger**ous** | **известный**<br>**опасный** |
| **- al** | form**al**<br>centr**al** | **формальный**<br>**центральный** |
| **- able** | eat**able**<br>cap**able** | **съедобный**<br>**способный** |

**Приставочный способ образования имен прилагательных**

| Приставка | Пример | Перевод |
|---|---|---|
| **un -** | **un**cooked<br>**un**imaginable | **невареный**<br>**невообразимый** |
| **in -** | **in**capable<br>**in**human | **неспособный**<br>**негуманный** |
| **il -** | **il**legal<br>**il**liberal | **нелегальный**<br>**необразованный** |
| **im -** | **im**possible<br>**im**practical | **невозможный**<br>**непрактичный** |
| **dis -** | **dis**honest<br>**dis**agreeble | **бесчестный**<br>**неприятный** |
| **ir -** | **ir**regular<br>**ir**responsible | **неправильный**<br>**безответственный** |
| Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый,<br>**snow-white –** белоснежный. | | |

**Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing**

| **- ed** | **- ing** |
|---|---|
| **Описывают чувства и состояния** | **Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства** |
| **interested –** интересующийся, заинтересованный | **interesting** - интересный |
| **bored** - скучающий | **boring** - скучный |
| **surprised** - удивленный | **surprising** - удивительный |

**Степени сравнения прилагательных**

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**
Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:
**- положительная** степень сравнения **(Positive Degree);**
**- сравнительная** степень сравнения **(Comparative Degree);**
**- превосходная** степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и

превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

**1. -er. -est**

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем "е" (большой - больше, холодный - холоднее).

**Превосходная степень** образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|
| **cold** - холодный | cold**er** - холоднее | the cold**est** - самый холодный |
| **big** - большой | bigg**er** - больше | the bigg**est** - самый большой |
| **kind** - добрый | kind**er** - добрее | the kind**est** - самый добрый |

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|
| **clever** — умный | clever**er - умнее** | **the** clever**est - самый умный** |
| **easy** - простой | eas**ier - проще** | **the** easi**est - самый простой** |
| **able** - способный | abl**er - способнее** | **the** abl**est - самый способный** |
| **busy** - занятой | bus**ier - более занятой** | **the** busi**est - самый занятой** |

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **"e" ,** то при прибавлении **– er и – est немое "e" опускается:**

large **– large**r **- the** large**st /** большой – больше – самый большой

brave **– brave**r **– the** brave**st /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

**big –** bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

**hot –** hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

**thin –** thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на "y" с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **"y" переходит в "i":**

**busy –** bus**ier – busiest / занятой – более занятой – самый занятой**

**easy –** eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

**2. more, the most**

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|
| **beautiful - красивый** | **more beautiful** - красивее | **the most beautiful** - самый красивый |
| **interesting – интересный** | **more interesting** - интереснее | **the most interesting** - самый интересный |
| **important - важный** | **more important** - важнее | **the most important** - самый важный |

**Особые формы**

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **good** - хороший<br>**bad** - плохой<br>**little** - маленький<br>**much/many** - много<br>**far** - далекий/далеко<br>**old** - старый | **better** - лучше<br>**worse** - хуже<br>**less** - меньше<br>**more** - больше<br>**farther/further** - дальше<br>**older/elder** - старше | **the best** - самый лучший<br>**the worst** - самый плохой<br>**the least** - самый маленький, меньше всего<br>**the most** - больше всего<br>**the farthest/furthest** - самый дальний<br>**the oldest/eldest** - самый старый |

**3. less. the least**

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|
| **beautiful –** красивый<br>**interesting -** интересный<br>**important** - важный | **less beautiful** - менее красивый<br>**less interesting –** менее интересный<br>**less important** - менее важный | **the least beautiful –** самый некрасивый<br>**the least interesting –** самый неинтересный<br>**the least important –** самый неважный |

**Другие средства сравнения двух предметов или лиц**

| Конструкция | Комментарий | Примеры |
|---|---|---|
| **As…as (такой же, так же)** | **Для сравнения двух объектов одинакового качества** | He is **as** a strong **as** a lion<br>Он такой же сильный, как лев.<br>She is **as** clever **as** an owl**.**<br>Она такая же умная, как сова. |
| **Not so…as (не такой, как)** | **в отрицательных предложениях** | He is **not so** strong **as** a lion.<br>Он не такой сильный, как лев**.**<br>She is **not so** clever **as** an owl.<br>Она не такая умная, как сова. |
| **The…the (с двумя сравнительными степенями)** | **показывает зависимость одного действия от другого** | **The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся.<br>**The more** I learn this rule **the less** I understand it.<br>Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю. |

**Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:**

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

**Числительное. The numeral**

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

**126 – one hundred twenty six**

**1139 – one thousand one hundred and thirty nine**

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

**НО:** окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **"of":**

**hundreds of children –** сотни детей

**thousands of birds-** тысячи птиц

**millions of insects –** миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

**20+1=21** (twenty + one = **twenty one**)

**60+7=67** (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

**Как читать даты**

| | |
|---|---|
| **1043** | ten forty-three |
| **1956** | nineteen fifty-six |
| **1601** | sixteen o one |
| **2003** | two thousand three |
| **В 2003 году** | in two thousand three |
| **1 сентября** | the first of September |
| **23 февраля** | the twenty-third of February |

**ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)**

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:
224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

**Образование видовременных форм глагола в активном залоге**

**Present Simple** употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

**Present Continuous** употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

**Present perfect** употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

**Present perfect continuous** употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.

Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

**Past simple** употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

**Past continuous** употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday

afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

**Past perfect** употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

**Future simple** употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

**Be going to** употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,
Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
*No. Why?*
*I need to make some photocopies.*

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

| ***Название темы*** | ***Страницы учебников*** | |
|---|---|---|
| | *Агабекян И. П.* | *Журавлева Р.И.* |
| Модальные глаголы и их эквиваленты | 295 | 47 |
| Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге | 236 | 71, 115 |
| Основные сведения о согласовании времён | 323-328 | 269 |
| Прямая и косвенная речь | 324 | 268 |
| Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий | 311-322 | 132, 162, 173, 192, 193 |
| Основные сведения о сослагательном наклонении | 329 | 224 |

**Модальные глаголы**

| **Глаголы** | **Значение** | **Примеры** |
|---|---|---|
| **CAN** | физическая или умственная возможность/умение | I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать. |
| | возможность | You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play |

| | | |
|---|---|---|
| | | football in the street. – На улице нельзя играть в футбол. |
| | вероятность | They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент. |
| | удивление | Can he have said that? – Неужели он это сказал? |
| | сомнение, недоверчивость | She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала. |
| | разрешение | Can we go home? — Нам можно пойти домой? |
| | вежливая просьба | Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час? |
| **MAY** | разрешение | May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу? |
| | предположение | She may not come. – Она, возможно, не придет. |
| | возможность | In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей. |
| | упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)** | You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать. |
| **MUST** | обязательство, необходимость | He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги. |
| | вероятность (сильная степень) | He must be sick. — Он, должно быть, заболел. |
| | запрет | Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке. |
| **SHOULD OUGHT TO** | моральное долженствование | You ought to be polite. – Вы должны быть любезными. |
| | совет | You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу. |
| | упрек, запрет | You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт. |
| **SHALL** | указ, обязанность | These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых обстоятельствах. |
| | угроза | You shall suffer. — Ты будешь страдать. |
| | просьба об указании | Shall I open the window? – Мне открыть окно? |
| **WILL** | готовность, нежелание/отказ | The door won't open. — Дверь не открывается. |
| | вежливая просьба | Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной? |
| **WOULD** | готовность, нежелание/отказ | He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос. |
| | вежливая просьба | Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной. |
| | повторяющееся/привычное действие | We would talk for hours. – Мы беседовали часами. |
| **NEED** | необходимость | Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать? |
| **NEEDN'T** | отсутствие необходимости | She needn't go there. — Ей не нужно туда идти. |
| **DARE** | Посметь | How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить? |

| **Модальные единицы эквивалентного типа** | | |
|---|---|---|
| **to be able (to) = can** | Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент | She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию). |
| **to be allowed (to) = may** | Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения | My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице). |
| **to have (to)**= ought, must, should | Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах | They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело). |
| **to be (to)**= ought, must, should | Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д. | We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника) |

## Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

### Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)
This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)
Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)
Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

### Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.
My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.
to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.
to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:
Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

**Косвенный пассив (The Indirect Passive)**

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.
б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить
to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять
to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить
to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать
to teach учить to tell сказать и др.
Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.
Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)
A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:
John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.
The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):
He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать
to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать
to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

**Употребление Страдательного залога**

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия ( 70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:
He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:
The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:
The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:
The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)
The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:
The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:
The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:
He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

**Перевод глаголов в форме Passive**

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:
I am invited to a party.
Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):
Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.
Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.
I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):
They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:
The experiments were made last year.
1) Опыты были проведены в прошлом году.
2) Опыты проводились в прошлом году.
3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:
It is said… Говорят… It was said… Говорили…
It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…
It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

## Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

***Правило 1:*** Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

***Правило 2:*** Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

| Переход из одного времени в другое | Примеры | |
|---|---|---|
| Present Simple » Past Simple | He **can speak** French – Он говорит по-французски. | Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски. |
| Present Continuous » Past Continuous | They **are listening** to him – Они слушают его | I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его. |
| Present Perfect » Past Perfect | Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему. | Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему. |
| Past Simple » Past Perfect | I **invited** her – Я пригласил ее. | Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я |

| | | |
|---|---|---|
| | | пригласил ее. |
| Past Continuous » Past Perfect Continuous | She **was crying** – Она плакала | John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала. |
| Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous | It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час. | He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь. |
| Future Simple » Future in the Past | She **will show** us the map – Она покажет нам карту. | I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту. |

***Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.***

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

**Перевод прямой речи в косвенную в английском языке**

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

***3. Согласовываем время***

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

***4. Меняем некоторые слова***

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

### Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

***He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»***

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

***He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.***

Давайте рассмотрим еще один пример:

***She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»***

***She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.***

### Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

***She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»***

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

***She said when I would come. Она сказала, когда я приду.***

***He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»***

***He asked where she worked. Он спросил, где она работает.***

### Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

**Формы инфинитива**

| | Active Voice | Passive Voice |
|---|---|---|
| Simple | to write | to be written |
| Continuous | to be writing | |
| Perfect | to have written | to have been written |
| Perfect Continuous | to have been writing | |

***Глаголы, после которых используется инфинитив:***

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать

to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть
*Например:*
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

***Значение разных форм инфинитива в таблице***

| Формы инфинитива | **Чему я рад?** | |
|---|---|---|
| Simple | I am glad **to speak** to you. | Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами). |
| Continuous | I am glad **to be speaking** to you. | Рад, что сейчас разговариваю с вами. |
| Perfect | I am glad **to have spoken** to you. | Рад, что поговорил с вами. |
| Perfect Continuous | I am glad **to have been speaking** to you. | Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами. |
| Simple Passive | I am (always) glad **to be told** the news. | Всегда рад, когда мне рассказывают новости. |
| Perfect Passive | I am glad **to have been told** the news. | Рад, что мне рассказали новости. |

**Причастие. Participle**

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

**Формы причастия**

| | | Active (Активный залог) | Passive (Пассивный залог) |
|---|---|---|---|
| Participle I (Present Participle) | Simple | **writing** | **being written** |
| | Perfect | **having written** | **having been written** |
| Participle II (Past Participle) | | | **written** |

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

***Как переводить разные формы причастия на русский язык***

| Формы причастия | причастием | деепричастием |
|---|---|---|
| reading | читающий | читая |

| | | |
|---|---|---|
| having read | | прочитав |
| being read | читаемый | будучи читаемым |
| having been read | | будучи прочитанным |
| read | прочитанный | |
| building | строящий | строя |
| having built | | построив |
| being built | строящийся | будучи строящимся |
| having been built | | будучи построенным |
| built | построенный | |

## Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

**Формы герундия**

| | Active (Активный залог) | Passive (Пассивный залог) |
|---|---|---|
| Simple | **writing** | **being written** |
| Perfect | **having written** | **having been written** |

***Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!***

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

***Герундий после глаголов с предлогами***

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

***to be + прилагательное / причастие + герундий***

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I’m tired of waiting. — *Я устал ждать.*

**Основные сведения о сослагательном наклонении**

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

**Type 0 Conditionals:** They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

**Type 1 Conditionals:** They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

**Type 2 Conditionals:** They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

**Type 3 Conditionals:** They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

| | If-clause (hypothesis) | Main clause (result) | Use |
|---|---|---|---|
| Type 0<br>general truth | if + present simple | present simple | something which is always true |
| | If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice. | | |
| Type 1<br>real present | if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous | future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive | real - likely to happen in the present or future |
| | If he doesn't pay the fine, he will go to prison.<br>If you need help, come and see me.<br>If you have finished your work, we can have a break.<br>If you're ever in the area, you should come and visit us. | | |
| Type 2<br>unreal present | if + past simple or past continuous | would/could/might + bare infinitive | imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice |
| | If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice) | | |
| Type 3<br>unreal past | if + past perfect or past perfect continuous | would/could/might + have + past participle | imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism |
| | If she had studied harder, she would have passed the test.<br>If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished. | | |

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

*e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.*

*b) I'll give Tim his book if I see him.*

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

*e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)*

*b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)*

*c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)*

*d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)*

*e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)*

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

*e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus.* (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

*e.g. If Rick was/were here, we could have a party.*

We use If I were you ... when we want to give advice.

*e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.*

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

*e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)*

*b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)*

*c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)*

## 2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

### *№1*

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**appear** - v появляться; казаться; *ant* **disappear** - исчезать

**bed** - *n* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded** - *a* пластовый

**call for** - v требовать; *syn* **demand, require**

**carry out** - v проводить *(исследование, эксперимент);* выполнять *(план);* завершать; *syn* **conduct, make**

**colliery** - каменноугольная шахта

**concentration (dressing) plant** - обогатительная фабрика, обогатительная установка

**department** - *n* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

**direct** - v руководить; направлять; управлять; *a* прямой, точный; **directly** - *adv* прямо, непосредственно

**education** - *n* образование; просвещение; **get an education** получать образование

**establish** - v основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

**ferrous metals** - чёрные металлы **(non-ferrous metals** цветные металлы)

**iron** - *n* железо; **pig iron** чугун; **cast iron** чугун, чугунная отливка

**open-cast mines** - открытые разработки

**ore** - *n* руда; **iron ore** - железная руда; **ore mining** – разработка рудных месторождений

**process** - v обрабатывать; *syn* **work, treat; processing** - n обработка; разделение минералов

**rapid** - *a* быстрый

**research** - *n* научное исследование

**technique** - *n* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique** - горная техника, методы ведения горных работ

**train** - v обучать, готовить *(к чему-л.);* **training** - обучение; подготовка

**to be in need of** - нуждаться в

**to take part in** - участвовать в

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 1: The First Mining School in Russia**

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering arid to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery' for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?
7. Why was the Academy transformed?

***3. Переведите следующие сочетания слов.***

а) обогатительная фабрика
б) подготовка горных инженеров
в) разведка нефти
г) обработка цветных металлов

д) техническое образование
е) новый (учебный) курс по
ж) принимать активное участие
з) проводить исследования
и) направлять научную деятельность
к) горное оборудование
л) пластовые месторождения

***№2***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**change -** v изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter;** *n* изменение, перемена; превращение

**determine -** v определить, устанавливать

**engineering -** *n* техника; технология; машиностроение**;** *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

**composition -** *n* структура, состав

**connect -** v соединяться; *syn* **combine, link**

**enterprise -** *n* предприятие; предприимчивость

**deal (dealt)** v **(with) -** иметь дело с; рассматривать

**environment -** *n* окружающая обстановка**,** среда

**demand -** *n* спрос

**field -** *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn* **basin, branch**

**design -** *n* проект; план, чертеж; конструкция; v проектировать, планировать; конструировать

**graduate -** v окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student) -** студент последнего курса; **postgraduate (student) -** аспирант; **graduation paper -** дипломная работа

**hardware -** *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

**hydraulic** - *a* гидравлический, гидротехнический

**introduction -** *n* введение, вступление

**management -** *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

**offer -** *v* предлагать *(помощь, работу);* предоставлять; *n* предложение

**property -** *n* свойство

**protection -** *n* защита, охрана

**range -** *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

**recreation -** *n* отдых, восстановление сил; развлечение

**reveal -** v показывать, обнаруживать

**rock -** *n* горная порода

**shape -** *n* форма

**software -** *n* программное обеспечение; программные средства

**skill** - *n* мастерство; умение; **skilled -** *a* квалифицированный; опытный; умелый

**survey** - *n* съемка, маркшейдерская съемка; v производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

**value -** *n* ценность, стоимость; величина; v ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный

**workshop** - *n* мастерская, цех; семинар

**to be of importance -** иметь значение

**to give an opportunity of -** дать возможность

**to meet the requirements -** удовлетворять требованиям (потребности)

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

## TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society .They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

***1. Переведите следующие сочетания слов.***

а) широкий круг проблем
б) денные месторождения полезных ископаемых
в) горный инженер-механик
г) вести научно-исследовательскую работу
д) принимать форму
е) техническое и программное обеспечение
ж) студенты (последнего курса)
з) дипломная работа
и) физические и химические свойства
к) месторождение полезных ископаемых

1. оканчивать институт
2. поступать в университет
3. получать образование

4. готовить геологов и горних инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

***№3***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**accurate** - *a* точный, правильный; **accuracy** - *n* точность

**archive** - *n* архив

**attend** - v посещать *(лекции, практические занятия, собрания)*

**comprehensive** - *a* всесторонний, исчерпывающий

**concern** - v касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; *n* дело, отношение; важность; **concerning** *prep* относительно, касательно

**consider** - v рассматривать; считать; **considerable** - значительный, важный; **consideration** - *n* рассмотрение; обсуждение

**draw (drew**, **drawn**) - v *зд,* чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; *syn* **come to the conclusion**

**employ** - v применять, использовать; предоставлять *(работу); syn* **use, utilize, apply; employment** - *n* служба; занятие; применение, использование

**familiarize** - v знакомить; осваивать

**fundamental** - *n pl* основы *(наук)*

**levelling** - *n* нивелирование, сглаживание *(различий);* выравнивание

**number** - *n* число, количество, большое количество; *(порядковый)* номер, ряд

**observe** - v наблюдать, следить *(за чём-л.),* соблюдать *(правило, обычаи)*

**obtain** - v получать; достигать; добывать; *syn* **get, receive**

**present** - v преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation** - *n* изложение; предъявление

**proximity** - *n* близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от *(чего-л.)*

**require** - v требовать; *syn* **call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

**traversing** - *n* горизонтальная съемка

**to keep in close touch with** - поддерживать связь с

**to touch upon (on)** затрагивать, касаться вкратце *(вопроса)*

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 3: Mining Education in Great Britain**

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones1 study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tacheometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

***1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the, achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

***№4***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**advance -** *n* прогресс, успех; продвижение вперед; v делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

**authority -** *n* администрация; начальство

**differ** - v (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn* **various**

**excavate -** v добывать *(уголь);* вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать *(грунт);* **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn* **open-cast (opencast)**

**experience -** *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

**found** - v основывать**; *syn* establish, set up; foundation** - *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л , заложить основу чего-л.

**manage** - v управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management** - *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies** - наука об управлении

**mean (meant)** - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду; **means** - *n, pl* средства, **meaning** - *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)

**metalliferous** – *a* содержащий металл, рудоносный

**preliminary** - *a* предварительный**; preliminary course** подготовительные курсы

**realize** - v представлять, себе; понимать *(во всех деталях); **syn*** **understand**

**recognize** - *v* признавать; узнавать

**work out** -v разрабатывать *(план);* решать задачу

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)**

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

***1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

***3. Переведите следующие сочетания слов.***

а) курсы по расширенной программе
б) рудоносные отложения
в) средства производства
г) горный факультет
д) открытые горные работы
е) опытный инженер
ж) администрация колледжа
з) поощрять студентов
и) отвечать требованиям университета
к) наука об управлении

1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород
9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

***№5***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**abyssal** - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный
**adjacent** - *a* смежный, примыкающий
**ash** - *n* зола
**belt** - *n* пояс; лента; ремень
**body** - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты
**common** - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**
**cool** - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

**dimension** - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**
**dust** - *n* пыль
**dyke** – *n* дайка
**extrusion** - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*
**fine** - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь
**flow** - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
**fragmentary** - *a* обломочный, пластический
**glass** - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
**gold** - *n* золото
**inclined** - *a* наклонный
**mica** - *n* слюда
**permit** - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
**probably** - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
**shallow** - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
**sill** - *n* силь, пластовая интрузия
**stock** - *n* шток, небольшой батолит
**vein** - *n* жила, прожилок, пропласток

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 5: Igneous Rocks**

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of (hem is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

***1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

***2). Ответьте на вопросы:***

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | adjacent layers | а) способ залегания |
| 2. | abyssal rocks | б) крупнозернистый |
| 3. | dimensions of crystals | в) зоны крупных нарушений |
| 4. | valuable minerals | г) абиссальные (глубинные) породы |
| 5. | shape and size of grains | д) смежные пласты (слои) |
| 6. | mode of occurrence | е) размеры кристаллов |
| 7. | coarse-grained | ж) взбросы |
| 8. | uplifts | з) форма и размер зерен |
| 9. | zones of major deformation | и) ценные минералы |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | затвердевшие массы | а) irregular shape |
| 2. | обломочные породы | б) at a certain depth |
| 3. | медленно остывать | в) economically important |
| 4. | мелкозернистый | г) solidified masses |
| 5. | многочисленные трещины | д) scientific value |
| 6. | неправильная форма | е) to cool slowly |
| 7. | на определенной глубине | ж) existing types of rocks |
| 8. | экономически важный | з) fine-grained |
| 9. | научная ценность | и) fragmentary rocks |

10. существующие типы пород к) numerous cracks or fissures

***№6***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**band** - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
**cleave** - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
**constituent** - *n* составная часть, компонент
**define** - *v* определять, давать определение
**distribute** - v **(among)** распределять (между); раздавать;
**disturb** - *v* нарушать; смещать
**excess** - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
**flaky** - *a* слоистый; похожий на хлопья
**fluid** - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
**foliate** - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
**marble** - *n* мрамор
**mention** - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
**plate** - *n* пластина; полоса *(металла)*
**pressure** - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
**relate** - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
**run (ran, run)** - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
**schistose** - *a* сланцеватый; слоистый
**sheet** - *n* полоса
**slate** - *n* сланец; *syn* **shale**
**split (split)** - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
**trace** - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
**at least** по крайней мере
**to give an opportunity** (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 6: Metamorphic Rocks**

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are

characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

***1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

***2). Ответьте на вопросы:***

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?
7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

1. as a result of the chemical and physical changes
2. constituents of rocks
3. to be subjected to constant development
4. to undergo changes
5. excess of water
6. low-grade ores
7. coal band
8. to cleave into separate layers
9. traces of original structure
10. generally speaking

а) полоса (или прослоек) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря

д) в результате химических и физических изменений
е) избыток воды
ж) изменяться
з) находиться в постоянном развитии
и) низкосортные руды
к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. иметь значение
2. упомянутые выше
3. сланцеватая структура
4. в отличие от гранита
5. недостаток воды
6. существовавшие ранее породы
7. слоистые породы
8. мрамор и сланец
9. гнейс
10. давать возможность
11. определять структуру

а) unlike granite
б) to be of importance
в) pre-existing rocks
г) mentioned above
д) schistose structure
е) to give an opportunity (of doing smth)
ж) to define (determine) rock texture
з) deficiency of water
и) flaky rocks
к) marble and slate
л) gneiss

***№7***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**aerial** - *a* воздушный; надземный

**certain** - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

**cost** - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

**crop** - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

**dredging** - *n* выемка грунта; драгирование

**drill** - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

**drive (drore**, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

**evidence** – *n* основание; признак(и); свидетельства

**expect** - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

**explore** - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

**galena** - *n* галенит, свинцовый блеск

**indicate** - v указывать, показывать; служить признаком; означать

**lead** - *n* свинец

**look for** - v искать

**open up** - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

**panning** - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

**processing** - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

**prove** - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

**search** - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

**sign** - *n* знак, символ; признак, примета

**store** - v хранить, накапливать *(о запасах)*

**work** - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

**country rock** коренная (основная) порода

**distinctive properties** отличительные свойства

**malleable metal** ковкий металл

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

**TEXT 7: Prospecting**

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand,

are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?
8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?
9. What methods of prospecting do you know?
10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

| | |
|---|---|
| 1. country rock | а) залегание рудных месторождений |
| 2. panning | б) блестящий металл |
| 3. the search for commercially useful deposits | в) коренная (основная) порода |
| 4. geological exploration | г) дополнительные запасы минералов |
| 5. to look for evidence of mineralization | д) промывка (золотоносного песка в лотке) |
| 6. distinctive properties | е) геологическая разведка (с попутной добычей) |
| 7. lustrous metal | ж) искать доказательства наличия месторождения |
| 8. capable of attracting a piece of iron | з) отличительные свойства |
| 9. additional supplies of minerals | и) поиски экономически полезных месторождений |
| 10. the occurrence of ore deposits | к) способный притягивать кусок металла |

***б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | стоимость геологических исследований | а) the data obtained |
| 2. | выходить на поверхность (обнажаться) | б) galena, sandstones and shales |
| 3. | произвести предварительную оценку (месторождения) | в) the cost of geological investigations |
| 4. | визуальные наблюдения с воздуха | г) to crop out |
| 5. | полученные данные | д) certain ore deposits |
| 6. | галенит, песчаники и сланцы | е) to make a preliminary estimation (of a deposit) |
| 7. | общие показания | ж) visual aerial observations |
| 8. | находить признаки месторождения | з) to find the signs of a deposit |
| 9. | определенные рудные месторождения | и) general indications |

***№8***

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**adit** - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

**angle** - *n* угол

**approximate** - *a* приблизительный

**bit** - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

**borehole** - *n* скважина, буровая скважина

**crosscut** - *n* квершлаг

**dip** - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

**enable** - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

**exploit** - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

**measure** - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

**overburden** - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

**pit** - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

**reliable** - *a* надежный; достоверный

**rig** - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

**sample** - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

**section** - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

**sequence** - *n* последовательность; порядок следования; ряд

**sink (sank, sunk)** - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

**slope** - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

**steep** - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

**strike** - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

**trench** - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

**to make use (of)** использовать, применять

**to take into consideration** принимать во внимание; *syn* **take into account**

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

## TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.

6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:***

1. bedded deposits
2. core drilling
3. the angle of dip of the seam
4. the thickness of overburden
5. exploratory workings
6. composition of minerals
7. pits and crosscuts
8. to exploit new oil deposits
9. sampling
10. geological section

а) мощность наносов
б) разрабатывать новые месторождения нефти
в) шурфы и квершлаги
г) пластовые месторождения
д) опробование (отбор) образцов
е) угол падения пласта
ж) колонковое бурение
з) геологический разрез (пород)
и) состав минералов
к) разведочные выработки

***б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:***

1. буровые скважины
2. по простиранию пласта
3. равномерность распределения минерала в залежи
4. водоносность пород
5. карбидные и алмазные коронки
6. детальная разведка
7. использовать новые поисковые методы
8. проникать в залежь
9. коренная порода
10. свойства окружающих пород

а) ground water conditions
б) detailed exploration
в) boreholes
г) along the strike of the bed (seam)
д) carbide and diamond bits
е) the uniformity of mineral distribution in the deposit
ж) the properties of surrounding rocks
з) to make use of new prospecting methods
и) country rock
к) to penetrate into the deposit

## 3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

***Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.***

***Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**Семья. Family**

**родственник** relative, relation
**родители** parents
**мать (мама)** mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
**отец (папа)** father (dad, daddy, papa, pa)
**жена** wife
**муж** husband
**супруг(а)** spouse
**ребенок, дети** child, children
**дочь** daughter
**сын** son
**сестра** sister
**брат** brother
**единственный ребенок** only child
**близнец** twin
**близнецы, двойняшки** twins
**брат-близнец** twin brother
**сестра-близнец** twin sister
**однояйцевые близнецы** identical twins
**тройняшки** triplets
**бабушка и дедушка** grandparents
**бабушка** grandmother (grandma, granny, grandmamma)
**дедушка** grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
**внуки** grandchildren
**внучка** granddaughter
**внук** grandson
**прабабушка** great-grandmother
**прадедушка** great-grandfather
**прабабушка и прадедушка** great-grandparents
**правнуки** great-grandchildren
**тётя** aunt
**дядя** uncle
**крестный (отец)** godfather
**крестная (мать)** godmother
**отчим, приемный отец** stepfather
**мачеха, приемная мать** stepmother
**сводный брат** stepbrother
**сводная сестра** stepsister
**брат по одному из родителей** half-brother
**сестра по одному из родителей** half-sister
**приемный, усыновленный сын** adopted son
**приемная, удочеренная дочь** adopted daughter
**приемный ребенок** adopted child
**патронатная семья, приемная семья** foster family
**приемный отец** foster father
**приемная мать** foster mother
**приемные родители** foster parents

**приемный сын** foster son
**приемная дочь** foster daughter
**приемный ребенок** foster child
**неполная семья (с одним родителем)** single-parent family
**родня** the kin, the folks
**племянница** niece
**племянник** nephew
**двоюродный брат** cousin (male)
**двоюродная сестра** cousin (female)
**двоюродный брат (сестра), кузен (кузина)** first cousin
**троюродный брат (сестра)** second cousin
**четвероюродный брат (сестра)** third cousin
**родня со стороны мужа или жены** in-laws
**свекровь** mother-in-law (husband's mother)
**свёкор** father-in-law (husband's father)
**тёща** mother-in-law (wife's mother)
**тесть** father-in-law (wife's father)
**невестка, сноха** daughter-in-law
**зять** son-in-law
**шурин, свояк, зять, деверь** brother-in-law
**свояченица, золовка, невестка** sister-in-law
**семейное положение** marital status
**холостой, неженатый, незамужняя** single
**женатый, замужняя** married
**брак** marriage
**помолвка** engagement
**помолвленный, обрученный** engaged
**развод** divorce
**разведенный** divorced
**бывший муж** ex-husband
**бывшая жена** ex-wife
**расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей** separated
**вдова** widow
**вдовец** widower
**подружка, невеста** girlfriend
**друг, парень, ухажер** boyfriend
**любовник, любовница** lover
**ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный** fiance
**свадьба** wedding
**невеста на свадьбе** bride
**жених на свадьбе** (bride)groom
**медовый месяц** honeymoon

***Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**The Ural State Mining University**

| | |
|---|---|
| **Mining University** – Горный университет;<br>**higher educational institution** - высшее учебное заведение;<br>**to provide** - зд. Предоставлять;<br>**full-time education** - очное образование;<br>**extramural education** - заочное | **scientific research centre** - центр научных исследований;<br>**master of science** - кандидат наук;<br>**capable** – способный;<br>**to take part in** - принимать участие;<br>**graduate** – выпускник;<br>**to dedicate** – посвящать; |

| | |
|---|---|
| образование;<br>**to award** – награждать;<br>**post-graduate courses** – аспирантура; | **to carry out scientific work** - выполнять научную работу; |

| | |
|---|---|
| **Faculty of Mining Technology** - горно – технологический;<br>**Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический;<br>**Institute of World Economics** – Институт мировой экономики;<br>**Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический;<br>**Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты;<br>**Faculty of City Economy** – городского хозяйства; | **Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики;<br>**Faculty of extramural education** – заочный;<br>**department** – кафедра;<br>**dean** – декан;<br>**to train specialists in** - готовить специалистов;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**preparatory** – подготовительный;<br>**additional** – дополнительный;<br>**to offer** – предлагать; |

| | |
|---|---|
| **to house** - размещать /ся/;<br>**building** – здание;<br>**Rector's office** – ректорат;<br>**Dean's office** – деканат;<br>**department** – кафедра;<br>**library** – библиотека;<br>**reading hall** - читальный зал;<br>**assembly hall** - актовый зал;<br>**layout** - расположение, план;<br>**administrative offices** - административные отделы; | **computation centre** - вычислительный центр;<br>**canteen** – столовая;<br>**to have meals** – питаться;<br>**hostel** – общежитие;<br>**to go in for sports** - заниматься спортом;<br>**wrestling** – борьба;<br>**weight lifting** - тяжелая атлетика;<br>**skiing** - катание на лыжах;<br>**skating** - катание на коньках;<br>**chess** – шахматы; |

| | |
|---|---|
| **academic work** - учебный процесс;<br>**academic year** - учебный год;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**bachelor's degree** - степень бакалавра;<br>**course of studies** - курс обучения;<br>**to last** - длиться;<br>**term** - семестр;<br>**to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия;<br>**period** - пара, 2 – х часовое занятие;<br>**break** - перерыв;<br>**subject** - предмет;<br>**descriptive geometry** - начертательная геометрия; | **general geology** - общая геология;<br>**foreign language** - иностранный язык;<br>**to operate a computer** - работать на компьютере;<br>**to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен;<br>**to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен;<br>**to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен;<br>**to fail in chemistry** - не сдать химию;<br>**holidays, vacations** - каникулы;<br>**to present graduation paper** - представлять дипломные работы;<br>**for approval** - к защите; |

***The Faculty of Mining Technology*** trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining ) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

***The Institute of World Economics*** trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

***The Faculty of Mining Mechanics*** trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

***The Faculty of Geology & Geophysics*** trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

***Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

***My town***

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist’s/a pharmacy/a drugstore - аптека

a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки
a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна

a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

***Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**My speciality**

**The Earth's Crust and Useful Minerals**

**cause** - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

**clay** - *n* глина; глинозем

**consolidate** - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

**crust** - *n* кора; *геол.* земная кора

**decay** - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

**derive** - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

**destroy** - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

**dissolve** v растворять

**expose** - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение

**external** - *a* внешний

**extrusive** - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

**force** - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

**glacier** - *n* ледник, глетчер

**grain** - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый

**gravel** - *n* гравий, крупный песок

**internal** - *a* внутренний

**intrusive** - *a* интрузивный, плутонический

**iron** - *n* железо

**layer** - *n* пласт

**like** - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

**lime** - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

**loose** - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

**make up** - v составлять; *n* состав *(вещества)*

**particle** - *n* частица; включение

**peat** - *n* торф; торфяник

**represent** - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

**rock** – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

**sand** - *n* песок

**sandstone** - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

**sediment** - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

**schist** - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый

**shale** - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец

**siltstone** - *n* алеврит

**stratification** - *n* напластование, залегание

**stratify** - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

**substance** - *n* вещество, материал; сущность

**thickness** - *n* толщина, мощность

**value** - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*

**vary** - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

**contain** - v содержать *(в себе),* вмещать

**crack** - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

**contract** - v сжиматься; сокращаться

**dust** - *n* пыль

**expand** - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

**fissure** - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

**fracture** - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

**freeze** - *v* замерзать; замораживать; застывать

**gradual** - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

**hard** - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

**hole** - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

**influence** - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

**lateral** - *a* боковой

**occur** - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

**penetrate** - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

**phenomenon** - *n* явление; *pi* **phenomena**

**pressure** - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

**rate** - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

**refer** - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

**resist** - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

**size** - *n* размер; величина; класс *(угля)*

**solution** – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

**succession** – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

**undergo** (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

**uniform** – *a* однородный; одинаковый

**weathering** - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

**to be subjected to** подвергаться

## Rocks of Earth's Crust

**abyssal** - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

**adjacent** - *a* смежный, примыкающий

**ash** - *n* зола

**belt** - *n* пояс; лента; ремень

**body** - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

**common** - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

**cool** - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

**dimension** - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

**dust** - *n* пыль

**dyke** – *n* дайка

**extrusion** - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

**fine** - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь

**flow** - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

**fragmentary** - *a* обломочный, пластический

**glass** - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
**gold** - *n* золото
**inclined** - *a* наклонный
**mica** - *n* слюда
**permit** - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
**probably** - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
**shallow** - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
**sill** - *n* силь, пластовая интрузия
**stock** - *n* шток, небольшой батолит
**vein** - *n* жила, прожилок, пропласток
**band** - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
**cleave** - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
**constituent** - *n* составная часть, компонент
**define** - *v* определять, давать определение
**distribute** - v **(among)** распределять (между); раздавать;
**disturb** - *v* нарушать; смещать
**excess** - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
**flaky** - *a* слоистый; похожий на хлопья
**fluid** - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
**foliate** - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
**marble** - *n* мрамор
**mention** - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
**plate** - *n* пластина; полоса *(металла)*
**pressure** - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
**relate** - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
**run (ran, run)** - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
**schistose** - *a* сланцеватый; слоистый
**sheet** - *n* полоса
**slate** - *n* сланец; *syn* **shale**
**split (split)** - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
**trace** - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
**at least** по крайней мере
**to give an opportunity** (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
**in such a way** таким образом

## Fossil Fuels

**accumulate** - v накапливать; скопляться
**ancient** - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
**associate** - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
**burn (burnt**) - v сжигать; гореть; жечь
**charcoal** - *n* древесный уголь
**convenient** - *a* удобный, подходящий
**crude** - *a* сырой, неочищенный
**dig (dug**) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
**divide** - v делить; (from) отделять; разделять
**evidence** - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
**fossil** - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
**heat** - v нагревать; *n* теплота
**liquid** - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

**manufacture** - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

**mudstone** - *n* аргиллит

**purpose** - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

**shale** - *n* глинистый сланец

**the former … the latter** - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

**bench** - *n* слой, пачка *(пласта)*

**blend** - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

**combustion** - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

**continuity** - *n* непрерывность, неразрывность

**domestic** - *a* внутренний; отечественный

**estimate** - v оценивать; *n* оценка; смета

**fault** - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

**fold** - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

**inflame** - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

**intermediate** - *a* промежуточный; вспомогательный

**liable** - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

**luster** - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий

**matter** - *n* вещество; материя

**moisture** - *n* влажность, сырость; влага

**parting** - *n* прослоек

**plane** - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

**rank** - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

**regular** - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

**similar** - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

**smelt** - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

**store** - v запасать, хранить на складе; вмещать

**strata** - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

**thickness** - *n* мощность *(пласта, жилы)*

**uniform** - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

**utilize** - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

**volatile** - *a* летучий, быстро испаряющийся

## Prospecting and Exploration

**aerial** - *a* воздушный; надземный

**certain** - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

**cost** - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

**crop** - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

**dredging** - *n* выемка грунта; драгирование

**drill** - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

**drive (drore**, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

**evidence** – *n* основание; признак(и); свидетельства

**expect** - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

**explore** - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

**galena** - *n* галенит, свинцовый блеск

**indicate** - v указывать, показывать; служить признаком; означать

**lead** - *n* свинец

**look for** - v искать

**open up** - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

**panning** - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

**processing** - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

**prove** - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

**search** - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

**sign** - *n* знак, символ; признак, примета

**store** - v хранить, накапливать *(о запасах)*

**work** - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

**adit** - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

**angle** - *n* угол

**approximate** - *a* приблизительный

**bit** - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

**borehole** - *n* скважина, буровая скважина

**crosscut** - *n* квершлаг

**dip** - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

**enable** - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

**exploit** - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

**measure** - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

**overburden** - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

**pit** - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

**reliable** - *a* надежный; достоверный

**rig** - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

**sample** - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

**section** - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

**sequence** - *n* последовательность; порядок следования; ряд

**sink (sank, sunk)** - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

**slope** - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

**steep** - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

**strike** - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

**trench** - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

**to make use (of)** использовать, применять

**to take into consideration** принимать во внимание; *syn* **take into account**

## General Information on Mining

**access** - *n* доступ

**affect** - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

**barren** - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

**chute** - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

**compare** - v (with) сравнивать, проводить параллель

**contribute** - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

**cross-section** - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

**develop** - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

**drift** - *n* штрек, горизонтальная выработка

**ensure** - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

**face** - *n* забой; лава

**floor** - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

**govern** - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

**inclination** - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

**incline** - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

**inclined** - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

**level** - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

**recover** - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

**remove** - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

**rib** - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

**roof** - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

**shaft** - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

**tabular** - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

**waste** - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

**well** - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

**capital investment** - капитальные вложения

**gate road** - промежуточный штрек

**in bulk** - навалом, в виде крупных кусков

**metal-bearing** - содержащий металл

**production face/working** - очистной забой

**productive mining** - эксплуатационные работы

**in view of** - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

**with a view to** - с целью

**advantage** - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

**caving** - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

**deliver** - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

**entry** - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

**giant** - *n* гидромонитор

**gravity** - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

**haul** - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

**longwall** - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

**lose (lost)** - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

**pillar** - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

**predominate** - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

**protect** - v охранять, защищать

**reach** - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

**satisfy** - v удовлетворятъ(ся)

**shield** - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

**room** - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

**stowing** - *n* закладка *(выработанного пространства)*

**method of working** система разработки

**the sequence of working the seams** - последовательность отработки пластов

**goaf** — завал; обрушенное пространство

**double-ended drum bearer** — комбайн с двойным барабаном

**to identify** — опознавать

**appraisal** — оценка

**susceptibility** — чувствительность

**concealed** — скрытый, не выходящий на поверхность

**crusher** — дробилка

**concentration** — обогащение

**blending** — смешивание; составление шихты

**screen** — сортировать (обыден. уголь); просеивать

**froth floatation** — пенная флотация

**core drilling** — колонковое бурение

**to delineate** — обрисовывать, описывать

**lender** — заимодавец

**feasibility** — возможность

**in situ mining** — повторная разработка месторождения в массиве

**screening** — просеивание; грохочение

**processing** — обработка, разделение минералов

## Mining and Environment

**break** v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

*(руды .или породы);* расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

**drill** - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

**dump** -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

**dumper** опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

**environment** - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

**explode** - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

**friable** - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

**handle** - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

**heap** - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

**hydraulicklng** - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

**load** - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

**lorry** - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

**mention** - v упоминать

**overcasting** - *n* перелопачивание *(породы)*

**pump** - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

**reclamation** - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

**sidecastiag** - *n* внешнее отвалообразование

**site** - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

**slice** - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

**strip** - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

**unit** - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

**washery** - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

**to attract smb's attention** привлекать чье-л. внимание

**backhoe** - *n* обратная лопата

**blast** - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

**block out** - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

**clearing** - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

**crash** - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

**earth-mover** - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

**excavator** - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket ~** многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

**grab** - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

**grabbing** - погрузка грейфером; захватывание

**hoist** - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

**plough** - *n* струг

**power shovel** - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

**range** - *n* колебание в определенных пределах

**rate** - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

**remote** - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

**result** - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

**safety** - *n* безопасность; техника безопасности

**slope** - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(руды)*

**support** - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

## 1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

## 1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

## II. Другие виды самостоятельной работы

## 2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

### *2.1.1 Подготовка к ролевой игре*

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you ambarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don't interrupt them.
- Don't forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha

- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

### *2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию*

***Подготовьте устные высказывания по темам:***

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialities of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

***Подготовьте письменные ответы на вопросы:***

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future speciality?
6. What specialities are there at your faculty?
7. When did you enter the University?

8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?
17. How long do the students study for a Diplomate Engineer's course and a Magister's degree?
18. What subjects do you study this term?
19. What lectures and practical classes do you like to attend?
20. Where do the students have their practical work?
21. When do the students present their graduation papers for approval?
22. What graduates can enter the post-graduate courses?
23. What kind of sport do yon like?
24. Where do you go in for sports?

### ***2.1.3 Подготовка к опросу***

***Ответьте на вопросы на иностранном языке:***

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in. the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

## 2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

### Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**to defend graduation paper (thesis) -** защищать дипломную работу (диссертацию)

**to pass an entrance examination -** сдать вступительный экзамен

**to get a higher education -** получить высшее образование

**to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) -** сделать все возможное, не жалеть сил

**to make contribution (to) -** вносить вклад в *(науку, технику* и т.д.)

**choose (chose**, **chosen** ) - v выбирать; **choice -** *n* выбор

**collect -** v собирать, коллекционировать

**dangerous -** *a* опасный

**deposit -** *n* месторождение, залежь; **bedded deposits -** пластовые месторождения

**describe** - v описывать, изображать; **description** - *n* описание; **descriptive** - *a* описательный

**facility -** *n (pl* **facilities)** средства; возможности; оборудование; устройства

**fire damp -** *n* рудничный газ, метан

**harm** - *n* вред; *v* вредить; **harmful -** *a* вредный

**relate -** v относиться, иметь отношение

**safety** - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe -** *a* безопасный; надежный

**seam -** *n* пласт *(угля); syn* **bed, layer; flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт; **inclined seam** наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

**state -** *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; v заявлять; констатировать; излагать

**success** - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was bom in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours1 and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects2 relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulin mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs5 of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.
4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

***3. Переведите следующие сочетания слов.***

а) охрана труда в шахтах
б) подтверждать
в) добыча угля
г) эксплуатация месторождений
д) метан
е) принять предложение
ж) выполнить задачу, задание
з) горизонтальный пласт
и) собирать материал

1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

## Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**abroad** - *adv* за рубежом
**confirm** - v подтверждать; утверждать
**consider** - v считать, полагать, рассматривать
**contribute** - v вносить вклад; **contribution** вклад
**crust** - *n* земная кора
**detailed** - a подробный, детальный
**elect** - v избирать, выбирать *(голосованием);* назначать *(на должность)*
**embrace** - v охватывать; обнимать
**entire** - *a* весь, целый; полный; *syn* **whole**
**exist** – *v* существовать, быть, жить
**foreign** - *a* иностранный
**former** - *a* прежний

**investigate -** v исследовать; изучать

**prominent -** *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**

**regularity** - *n* закономерность

**significant -** *a* значительный; **significance -** *n* значение, важность; **exhaust the significance** исчерпывать значение

**society –** *n* общество

**staff** - *n* персонал; личный состав; штат

**various -** *a* различный, разный, разнообразный

**to advance the view -** высказывать мнение *(точку зрения)*

**to be interested in -** быть заинтересованным *(чём-л.),* интересоваться

**to take (an) interest in -** заинтересоваться *(чём-л.)*

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation1 of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish3 the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered5 the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?
2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?

3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

***3. Переведите следующие сочетания слов.***

а) земная кора
б) составить подробную карту
в) замечательные работы
г) выдающийся ученый
д) залежи полезных ископаемых
е) научное общество
ж) избирать председателя (президента)
з) заложить основы школы
и) интересоваться геологией
к) высказать точку зрения
л) возглавлять комитет

## Text 3: Sedimentary Rocks

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**cause** - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
**clay** - *n* глина; глинозем
**consolidate** - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
**crust** - *n* кора; *геол.* земная кора
**decay** - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение
**derive** - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать
**destroy** - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
**dissolve** v растворять
**expose** - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение
**external** - *a* внешний
**extrusive** - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*
**force** - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
**glacier** - *n* ледник, глетчер
**grain** - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый
**gravel** - *n* гравий, крупный песок
**internal** - *a* внутренний
**intrusive** - *a* интрузивный, плутонический
**iron** - *n* железо
**layer** - *n* пласт
**like** - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно
**lime** - *n* известь; **limestone** - *n* известняк
**loose** - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
**make up** - v составлять; *n* состав *(вещества)*
**particle** - *n* частица; включение
**peat** - *n* торф; торфяник
**represent** - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный
**rock** – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
**sand** - *n* песок
**sandstone** - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник
**sediment** - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

**schist** - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый
**shale** - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец
**siltstone** - *n* алеврит
**stratification** - *n* напластование, залегание
**stratify** - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
**substance** - *n* вещество, материал; сущность
**thickness** - *n* толщина, мощность
**value** - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*
**vary** - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.1 They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

***1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

***2). Ответьте на вопросы:***

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

***3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | земная кора | а) sandstone |
| 2. | растворяться в воде | б) fine-grained sand |
| 3. | песчаник | в) the Earth's crust |
| 4. | уплотненные осадки | г) exposed rocks |
| 5. | изверженные породы | д) to dissolve in water |
| 6. | мелкозернистый песок | е) like gypsum |
| 7. | затвердевать | ж) consolidated sediments |
| 8. | подобно гипсу | з) igneous rocks |
| 9. | обнаженные породы | и) to solidify, to consolidate |

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

| | | |
|---|---|---|
| 1. | coarse-grained sand | а) разрушительная сила воды |
| 2. | siltstone and shale | б) пластовые месторождения |
| 3. | the destructive action of water | в) доледниковый период |

| | | |
|---|---|---|
| 4. | existing rocks | г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок |
| 5. | chemical decay | д) частицы вещества |
| 6. | sedimentary rocks | е) алеврит и сланец |
| 7. | stratified deposits | ж) существующие породы |
| 8. | pre-glacial period | з) осадочные породы |
| 9. | particles of a substance | и) химический распад |

## Text 4: Weathering of Rocks

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**contain** - v содержать *(в себе),* вмещать
**crack** - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться
**contract** - v сжиматься; сокращаться
**dust** - *n* пыль
**expand** - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**
**fissure** - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель
**fracture** - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*
**freeze** - *v* замерзать; замораживать; застывать
**gradual** - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно
**hard** - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом
**hole** - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф
**influence** - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*
**lateral** - *a* боковой
**occur** - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания
**penetrate** - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*
**phenomenon** - *n* явление; *pi* **phenomena**
**pressure** - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы
**rate** - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**
**refer** - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*
**resist** - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся
**size** - *n* размер; величина; класс *(угля)*
**solution** – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий
**succession** – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно
**undergo** (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*
**uniform** – *a* однородный; одинаковый
**weathering** - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*
**to be subjected to** подвергаться

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

***1. Укажите, какие предложены соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

1. the Earth's surface
2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature

5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures

а) под влиянием тепла
б) разрушительные силы
в) выветривание
г) большое количество трещин
д) состоять из различных минералов
е) расширение пород
ж) проникать в трещины
з) изменения температуры
и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров

а) to facilitate the decomposition of rocks
б) to increase in volume
в) to resist (smth)
г) rock pieces of varied (different) sizes
д) to accelerate the process of weathering
е) to be subjected to decay
ж) to dissolve substances
з) to develop lateral pressure
и) certain organic substances

## Text 5: Fossil Fuels

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**accumulate** - v накапливать; скопляться
**ancient** - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
**associate** - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
**burn (burnt**) - v сжигать; гореть; жечь
**charcoal** - *n* древесный уголь
**convenient** - *a* удобный, подходящий
**crude** - *a* сырой, неочищенный
**dig (dug**) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
**divide** - v делить; (from) отделять; разделять
**evidence** - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
**fossil** - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
**heat** - v нагревать; *n* теплота
**liquid** - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

**manufacture** - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**
**mudstone** - *n* аргиллит
**purpose** - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
**shale** - *n* глинистый сланец
**the former … the latter** - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

***1. Укажете, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.
7. Not all types of fossil fuels burn.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?

4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний слов.***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | fossil fuel | а) дерево и торф |
| 2. | raw material | б) небольшое количество аргиллита |
| 3. | crude oil | в) органическое топливо |
| 4. | the chief sources of energy | г) сланец и известняк |
| 5. | to refer to | д) сырье |
| 6. | any direct or indirect evidence of the deposit | е) материалы, содержащие углерод |
| 7. | shale and limestone | ж) главные источники энергии |
| 8. | carbon-containing materials | з) любые прямые или косвенные признаки месторождения |
| 9. | wood and peat | и) сырая (неочищенная) нефть |
| 10. | the small amount of mudstone | к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.) |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

| | | |
|---|---|---|
| 1. | древесный уголь и кокс | а) to collect data |
| 2. | жидкое топливо | б) charcoal and coke |
| 3. | накапливать | в) to be composed of limestones |
| 4. | собирать данные | г) liquid fuel |
| 5. | происходить от | д) to accumulate |
| 6. | получать хорошие результаты | е) to derive from |
| 7. | богатый горючими сланцами | ж) to obtain good results |
| 8. | состоять из известняков | з) abundant in oil shales |

## Text 6: Coal and Its Classification

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**bench** - *n* слой, пачка *(пласта)*
**blend** - v смешивать(ся); вклинивать(ся)
**combustion** - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
**continuity** - *n* непрерывность, неразрывность
**domestic** - *a* внутренний; отечественный
**estimate** - v оценивать; *n* оценка; смета
**fault** - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
**fold** - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва
**inflame** - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
**intermediate** - *a* промежуточный; вспомогательный
**liable** - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*
**luster** - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий
**matter** - *n* вещество; материя
**moisture** - *n* влажность, сырость; влага
**parting** - *n* прослоек
**plane** - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
**rank** - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
**regular** - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

**similar** - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
**smelt** - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*
**store** - v запасать, хранить на складе; вмещать
**strata** - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**
**thickness** - *n* мощность *(пласта, жилы)*
**uniform** - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
**utilize** - v использовать; *syn* **use, apply, employ**
**volatile** - *a* летучий, быстро испаряющийся

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All

these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | spontaneous combustion | а) легковоспламеняющийся газ |
| 2. | moisture and ash content | б) высокосортный уголь |
| 3. | the most abundant variety | в) плавить железную руду |
| 4. | in its turn | г) самовозгорание |
| 5. | the amount of volatile matter | д) содержание влаги и золы |
| 6. | easily inflammable gas | е) дымное пламя |
| 7. | brilliant lustre | ж) наиболее широко распространенные угли |
| 8. | to smelt iron ore | з) яркий блеск |
| 9. | high-rank coal | и) в свою очередь |
| 10. | a smoky flame | к) количество летучих веществ |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов н сочетаний слов:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | тип угля | а) heat value |
| 2. | некоксующийся уголь | б) amount of carbon |
| 3. | доменная печь | в) coal rank |
| 4. | содержание углерода | г) to store coal |
| 5. | смешиваться с другими углями | д) to weather rapidly |
| 6. | улучшенного качества | е) non-coking coal |
| 7. | складировать уголь | ж) blast furnace |
| 8. | теплотворная способность | з) of improved quality |
| 9. | быстро выветриваться | и) to blend with other coals |

## Text 7: General Information on Mining

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**access** - *n* доступ

**affect** - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

**barren** - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

**chute** - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

**compare** - v (with) сравнивать, проводить параллель

**contribute** - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

**cross-section** - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

**develop** - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

**drift** - *n* штрек, горизонтальная выработка

**ensure** - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

**face** - *n* забой; лава

**floor** - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

**govern** - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

**inclination** - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

**incline** - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

**inclined** - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

**level** - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

**recover** - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

**remove** - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

**rib** - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

**roof** - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

**shaft** - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

**tabular** - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

**waste** - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

**well** - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

**capital investment** - капитальные вложения

**gate road** - промежуточный штрек

**in bulk** - навалом, в виде крупных кусков

**metal-bearing** - содержащий металл

**production face/working** - очистной забой

**productive mining** - эксплуатационные работы

**in view of** - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

**with a view to** - с целью

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or hi coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

I. Underground workings:

a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).

b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.

c) Production faces, whose dimensions depend on the thick ness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings arc called the ribs.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:***

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method

а) нефтяная скважина
б) проходить горные выработки по пустой породе
в) влиять на метод разработки
г) прямой доступ к поверхности
д) пластовые месторождения
е) открытая разработка
ж) поперечное сечение выработки
з) подземные выработки
и) очистной забой
к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола
3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлаги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта

а) thickness of a seam
б) shaft dimension
в) with a view to
г) to contribute to smth.
д) development work
е) to remove (timber, overburden, etc.)
ж) drifts (gate roads) and crosscuts
з) generally speaking

и) to recover (coal)
к) waste (barren) rock

## Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

***Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:***

**advantage** - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

**caving** - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

**deliver** - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

**entry** - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

**giant** - *n* гидромонитор

**gravity** - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

**haul** - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

**longwall** - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

**lose (lost)** - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

**pillar** - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

**predominate** - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

**protect** - v охранять, защищать

**reach** - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

**satisfy** - v удовлетворятъ(ся)

**shield** - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

**room -** *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

**stowing** - *n* закладка *(выработанного пространства)*

**method of working** система разработки

**the sequence of working the seams -** последовательность отработки пластов

***Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:***

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

***1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.***

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

***2. Ответьте на следующие вопросы:***

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

***3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:***

| | | |
|---|---|---|
| 1. | development face | а) сплошная система разработки |
| 2. | great losses | б) выемка целиков |
| 3. | shield method of mining | в) подготовительный забой |
| 4. | continuous mining | г) большие потери |
| 5. | longwall advancing to the dip | д) удовлетворять требованиям |
| 6. | the room-and-pillar method of mining | е) зависеть от геологических условий |
| 7. | to open up a deposit | ж) выемка лавами прямым ходом по падению |

8. pillar mining з) щитовая система разработки
9. to satisfy the requirements и) вскрывать месторождение
10. to depend upon the geological conditions к) камерно-столбовая система разработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

| | |
|---|---|
| 1. включать (в себя) | а) safety |
| 2. выемка лавами обратным ходом | б) annual output |
| 3. достигать 50% | в) to involve |
| 4. превышать 60% | г) to propose a new method of mining |
| 5. безопасность | д) long wall retreating |
| 6. годовая добыча | е) in connection with difficulties |
| 7. основной недостаток системы разработки | ж) to exceed 60 per cent |
| 8. под-этаж | з) notwithstanding (in spite of) |
| 9. крутопадающий пласт | и) to reach 50 per cent |
| 10. щитовая система разработки | к) the main disadvantage of the method of mining |
| 11. предложить новый способ разработки | л) sublevel |
| 12. в связи с трудностями | м) the shield method of mining |
| 13. несмотря на | н) open up a deposit |
| 14. вскрывать месторождение | о) steep seam |

## 2.3 Подготовка доклада

**Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.**

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)
7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)

28. Robert Burns (1759 – 1796)

**Правила предоставления информации в докладе**

| Размер | **А4** |
|---|---|
| Шрифт | Текстовый редактор Microsoft Word,<br>шрифт Times New Roman 12 |
| Поля | слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1 |
| Абзацный отступ | 1 см устанавливается автоматически |
| Стиль | Примеры выделяются курсивом |
| Интервал | межстрочный интервал – 1 |
| Объем | 1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления) |
| Шапка доклада | ***Иванова Мария Ивановна***<br>Екатеринбург, Россия<br>ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13<br>НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА |
| | Список использованной литературы |

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

## 2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

### THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's

why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the see routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km2. The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

## THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-life MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee.

And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen sings the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

## BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music-sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

## LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London's commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

## LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It`s one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it`s divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them in St. Paul`s Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul`s Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul`s, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been

crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain`s most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet`s Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson`s victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson`s Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, est., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

## PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abby, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England’s second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it’s the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur’s reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world’s richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens’ Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud’s Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

## 5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

| *Наименование оценочного средства* | *Характеристика оценочного средства* | *Методика применения оценочного средства* | *Наполнение оценочного средства в КОС* | *Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию* |
|---|---|---|---|---|
| Экзамен: | | | | |
| Тест | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Тест состоит из 20 вопросов. | КОС - тестовые задания | Оценивание уровня знаний, умений, владений |
| Практико-ориентированное задание | Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию | Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций. | КОС- Комплект заданий | Оценивание уровня знаний, умений и навыков |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Зав. кафедрой, к.п.н., доцент

_____ Л.Г. Юсупова

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*по дисциплине*
## Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Безбородова С.А., к.п.н.

Одобрен на заседании кафедры
*Иностранных языков и деловой коммуникации*
*(название кафедры)*
Протокол № 1 от 19.09.2023 г.
*(Дата)*

Екатеринбург

**Содержание**

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Выполнение работы над ошибками……...…12
Критерии оценивания контрольной работы ……12
Образец титульного листа ……..…13

## Цель и задачи дисциплины

**Цель дисциплины**: повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

**Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:**

*универсальные:*

- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия (УК-4).

*Для достижения указанной цели необходимо* (задачи курса):

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.04 Горное дело.*

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации.* Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.О.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

*Уметь:*

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;
- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;
- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;

- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством профессионального общения;

*Владеть:*

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;
- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;
- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

## Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

| ***начальная буква фамилии студента*** | ***№ варианта контрольной работы*** |
|---|---|
| А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ | №1 |
| Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я | №2 |
| В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю | №3 |

## Содержание контрольной работы №1

Контрольная работа проводится по теме *1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и *теме 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

| ***Название темы*** | ***Страницы учебников*** | |
|---|---|---|
| | *Агабекян И. П.* | *Журавлева Р.И.* |
| Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях | 148 | 9 |
| Порядок слов в вопросительном предложении | 163-170 | 10, 24 |
| Безличные предложения | 149 | 440 |
| Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные) | 41-55 | 101, 439 |
| Имя существительное | 66-78 | 435 |
| Артикли (определенный, неопределенный, нулевой) | 78-84 | 433 |
| Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have* | 102-104 | 6-8 |
| Оборот *there+be* | 105-107 | 100 |
| Имя прилагательное и наречие | 115 | 83 |
| Степени сравнения, сравнительные конструкции | 115-121 | 143 |
| Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат) | 261-271 | - |
| Образование видовременных форм глагола в активном залоге | 193-209 | 10, 36, 69 |

## *АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК*

**Вариант №1**

***Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.***

***Пример:*** Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Заполните пропуски местоимениями some, any, no или их производными.***

***Пример:*** A: Is ***anything*** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».*

***Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them).***

***Пример:*** My teacher is very nice. I like … . – I like **him**.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».*

***Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.***

***Пример:*** Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.***

***Пример:*** Paul was tired when he got home. – ***Was Paul tired when he got home? Yes, he was.***

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

**Контрольная работа**
**Вариант №2**

***Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** A British university year is divided into three _____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms**; 4) periods;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Выберите правильную форму глагола.***

***Пример:*** A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is/**are a very difficult subject.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».*

***Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.***

***Пример:*** I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.***

***Пример:*** **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*

The Petersons have bought **a dog. –** *What have the Petersons bought?*

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

***Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.***

***Пример:*** A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you**/<u>have you</u>**?

B: No. You didn't leave it in the car, **<u>did you</u>**/didn't you?

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

**Контрольная работа**
**Вариант № 3**

***Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** The University accepts around 2000 new ____ every year.

**1) students;** 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:***

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

***Пример:*** Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».*

***Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.***

***Пример:*** Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».*

***Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.***

***Пример:*** Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.***

***Пример:*** There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which *book is Sue's*?' 'The one on the table.'

b) 'Whose *book is on the table*?' 'Sue's.'

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

## *НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК*

***Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.***

***Пример:*** Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; **B. ist**; C. wird;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».*

***Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.***

***Пример:*** **Was** machen Sie am Wochenende?

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».*

***Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.***

***Пример:*** Wo wohnen d**eine** Eltern?

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».*

***Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.***

***Пример:*** **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».*

***Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.***

***Пример:*** Sie wohnen in Berlin.

**Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по*

*теме «Вопросительные предложения».*

### *ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК*

***Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis. vers, avec, devant. en.***

***Пример:*** **Monsieur Dupont est en mission**.

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».*

***Задание 2. Заполните пропуски, выберите правильно указательное прилагательное:***

***Пример:*** **Peux-tu me passer ces dictionnaires?**

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».*

***Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:***

***Пример:*** **C'est la salle des études**.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».*

***Задание 4. Выберите правильную форму глагола:***

***Пример:*** **Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.**

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».*

***Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:***

***Пример:*** **Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».*

## Содержание контрольной работы №2

*для заочной формы обучения*

Контрольная работа проводится по теме 3. *Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) и теме 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

| ***Название темы*** | ***Страницы учебников*** | |
|---|---|---|
| | *Агабекян И. П.* | *Журавлева Р.И.* |

| | | |
|---|---|---|
| Модальные глаголы и их эквиваленты | 295 | 47 |
| Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге | 236 | 71, 115 |
| Основные сведения о согласовании времён | 323-328 | 269 |
| Прямая и косвенная речь | 324 | 268 |
| Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий | 311-322 | 132, 162, 173, 192, 193 |
| Основные сведения о сослагательном наклонении | 329 | 224 |

## *АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК*

### Вариант №1

***Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** You: “Are you engaged?” Taxi driver: “_____”.

***Варианты ответов:***

1) Yes, I am having a rest.

2) Sorry, but I don’t.

**3) No, sir. Where do you wish me to take you?**

4) Yes, thank you.

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Перепишите предложения в страдательном залоге.***

***Пример:*** The people are discussing politics. **Politics is being discussed.**

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».*

***Задание 3. Вставьте модальные глаголы may (might) или can (could).***

***Пример: Can*** you help me?

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы».*

***Задание 4. Употребите правильную форму глагола в пассивном залоге.***

***Пример:*** The roads **are covered** (cover) with the snow.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».*

***Задание 5. Вставьте модальный глагол may или might. Раскройте скобки, употребляя требующуюся форму инфинитива.***

***Пример:*** **May I ask** (to ask) you to take off your hat?

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы, инфинитив».*

### Вариант №2

***Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** The … of shafts is very expensive.

a) making; **b) driving;** c) building;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Выберите подходящую форму глагола в каждом предложении.***

***Пример:*** If we **leave** (will leave/leave/leaves) at 7 o’clock, we **will arrive** (will arrive/arrive/arrives) on time.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «сослагательное наклонение».*

***Задание 3. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.***

***Пример:*** We listened to the girls **singing** (singing, sung) folk songs.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «причастие».*

***Задание 4. Перепишите предложения в страдательном залоге.***

***Пример:*** The child has broken the crystal vase. The crystal vase has been broken by the child.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».*

***Задание 5. Перефразируйте следующие предложения, употребляя модальный глагол need.***

***Пример:*** 1) It is not necessary to go there. **You need not go there.**

2) It was not necessary to go there. **You need not have gone there.**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы, инфинитив».*

**Вариант №3**

***Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** A certain amount of ore … in incline sinking.

**a) is extracted;** b) is got; c) is mined;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.***

***Пример:*** I picked up the pencil **lying** (lying, lain) on the floor.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неличные формы глагола: причастие».*

***Задание 3. Раскройте скобки, употребляя требующуюся форму инфинитива.***

***Пример:*** He seems **to read** (to read) a lot.

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неличные формы глагола: инфинитив».*

***Задание 4. Перепишите предложения в косвенной речи.***

***Пример:*** He said, 'I'm going to the station.' - ***He said (that) he was going to the station.***

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «прямая и косвенная речь, согласование времен».*

***Задание 5. Переведите на английский язык.***

***Пример:*** Если бы я знал французский, я бы уже давно поговорил с ней.

**If I had known French, I would have spoken with her.**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «сослагательное наклонение».*

***НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК***

***Задание 1. Заполните пропуски, поставив существительное из скобок в нужную форму во множественном числе.***

***Пример:*** Unsere (Gast) **Gäste** haben mehrere (Stunde) **Stunden** gebraucht, um uns zu finden.

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Множественное число имен существительных».*

***Задание 2. Вставьте правильное окончание глаголов.***

***Пример:*** Ich komm**e** meistens gegen acht Uhr ins Büro und schalt**e** erst einmal den Computer ein.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глагола».*

***Задание 3. Вставьте модальные глаголы müssen, können, dürfen, möchten или wollen. Возможно несколько правильных вариантов:***

***Пример:*** In der Bibliothek: Sie **können** Bücher leihen.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».*

***Задание 4. Составьте Ja/Nein вопросы к данным ответам.***

***Пример:*** Nein, ich spreche kein Französisch.

**Sprechen Sie Französisch? / Sprichst du Französisch?**

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные предложения».*

***Задание 5. Составьте вопросы и ответьте на них.***

***Пример:*** wie • Sie •heißen •? **Wie heißen Sie?**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Порядок слов в вопросительном предложении».*

## *ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК*

***Задание 1. Выберите правильный вариант ответа***

***Пример:*** **Permettez-moi de vous présenter…**

1) **Le vice-récteur de notre Université.**

2) Voici ma carte de visite.

3) Enchanté, je suis Robert Dupont.

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные прилагательные».*

***Задание 2. Замените инфинитив формой Futur simple или Présen***t:

***Пример:*** **Si je n'ai pas mal à la tête, j'irai au cinéma avec mes amis.**

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Futur simple. Придаточное предложение условия».*

***Задание 3 Поставьте глаголы в Imparfait:***

***Пример:*** **Chaque année, ils partait camper en montagne.**

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Imparfait».*

***Задание 4. Поставьте глаголы в Conditionnel présent или Imparfait:***

***Пример:*** Nous irions demain à la campagne s'il faisait beau temps.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Conditionnel présent».*

***Задание 5. Поставьте вместо точек соответствующие местоимения:***
***Пример:*** **Vous irez à la campagne**.
*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Futur simple».*

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

**Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

**Критерии оценивания контрольной работы**

***Оценка за контрольную работу*** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

**Результат контрольной работы**

*Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:*

35-44 балла (80-100%) - оценка «отлично»;
29-34 балла (65-79%) - оценка «хорошо»;
22-28 баллов (50-64%) - оценка «удовлетворительно»;
0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

*Образец оформления титульного листа*

**Министерство науки и высшего образования РФ**
**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1**

**по дисциплине**
**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК**

Специальность:
***21.05.04 Горное дело***

Специализация
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ГСД-21

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

**Екатеринбург**
**2021**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

# Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Безбородова С.А., к.п.н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| *Иностранных языков и деловой коммуникации* | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | _____ *(подпись)* |
| к.п.н., доц. Юсупова Л. Г. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 19.09.2023 г. | Протокол № 2 от 20.10.2023 г. |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)……..... 3
*1.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 3
*1.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 5
*1.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 6

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование) ……..... 35
*2.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 35
*2.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 36
*2.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 38

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) ……..... 53
*3.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 53
*3.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 54
*3.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 58

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность) ……..... 74
*4.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 74
*4.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 82
*4.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 82

## *ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)*

***Тематика общения:***

1. Я и моя семья.
2. Дом, жилищные условия.
3. Мой рабочий день.
4. Досуг и развлечения.

***Проблематика общения:***

1. Взаимоотношения в семье, семейные традиции.
2. Устройство квартиры/загородного дома.
3. Рабочий день студента.
4. Досуг в будние и выходные дни, активный и пассивный отдых.

### *1.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:*

**родственник** relative, relation
**родители** parents
**мать (мама)** mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
**отец (папа)** father (dad, daddy, papa, pa)
**жена** wife
**муж** husband
**супруг(а)** spouse
**ребенок, дети** child, children
**дочь** daughter
**сын** son
**сестра** sister
**брат** brother
**единственный ребенок** only child
**близнец** twin
**близнецы, двойняшки** twins
**брат-близнец** twin brother
**сестра-близнец** twin sister
**однояйцевые близнецы** identical twins
**тройняшки** triplets
**бабушка и дедушка** grandparents
**бабушка** grandmother (grandma, granny, grandmamma)
**дедушка** grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
**внуки** grandchildren
**внучка** granddaughter
**внук** grandson
**прабабушка** great-grandmother
**прадедушка** great-grandfather
**прабабушка и прадедушка** great-grandparents
**правнуки** great-grandchildren
**тётя** aunt
**дядя** uncle
**крестный (отец)** godfather
**крестная (мать)** godmother
**отчим, приемный отец** stepfather
**мачеха, приемная мать** stepmother
**сводный брат** stepbrother
**сводная сестра** stepsister
**брат по одному из родителей** half-brother
**сестра по одному из родителей** half-sister

**приемный, усыновленный сын** adopted son
**приемная, удочеренная дочь** adopted daughter
**приемный ребенок** adopted child
**патронатная семья, приемная семья** foster family
**приемный отец** foster father
**приемная мать** foster mother
**приемные родители** foster parents
**приемный сын** foster son
**приемная дочь** foster daughter
**приемный ребенок** foster child
**неполная семья (с одним родителем)** single-parent family
**родня** the kin, the folks
**племянница** niece
**племянник** nephew
**двоюродный брат** cousin (male)
**двоюродная сестра** cousin (female)
**двоюродный брат (сестра), кузен (кузина)** first cousin
**троюродный брат (сестра)** second cousin
**четвероюродный брат (сестра)** third cousin
**родня со стороны мужа или жены** in-laws
**свекровь** mother-in-law (husband's mother)
**свёкор** father-in-law (husband's father)
**тёща** mother-in-law (wife's mother)
**тесть** father-in-law (wife's father)
**невестка, сноха** daughter-in-law
**зять** son-in-law
**шурин, свояк, зять, деверь** brother-in-law
**свояченица, золовка, невестка** sister-in-law
**семейное положение** marital status
**холостой, неженатый, незамужняя** single
**женатый, замужняя** married
**брак** marriage
**помолвка** engagement
**помолвленный, обрученный** engaged
**развод** divorce
**разведенный** divorced
**бывший муж** ex-husband
**бывшая жена** ex-wife
**расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей** separated
**вдова** widow
**вдовец** widower
**подружка, невеста** girlfriend
**друг, парень, ухажер** boyfriend
**любовник, любовница** lover
**ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный** fiance
**свадьба** wedding
**невеста на свадьбе** bride
**жених на свадьбе** (bride)groom
**медовый месяц** honeymoon

***1.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**My family**

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

***My student's life***

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV

programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

***My flat***

I live in Ekaterinburg in a sixteen-storied dwelling house in the center of the city.
Five years ago our old wooden house was pulled down & we moved here into three-room flat with all modern conveniences.

Now we have running water, gas, electricity, central heating & a refuse chute. We live on the top floor & from the balcony we have a good view of the park. Besides we needn't mount the staircase because there is a lift to take us up.

The entrance hall is rather small. There is a hallstand & a mirror-stand there.

The sitting-room is a spacious simply furnished room. The floor spacious is about 15 square meters. It is not overcrowded with furniture. Everything fits in well. Nothing is out of place here. Next to the window there is a sofa with a stand – lamp. The bookcase in the corner of the room is full of books. On the left there are two comfortable arm-chairs opposite the TV-set & leaf – table.

In the bedroom we have dark brown suite of furniture of the latest model & thick carpet. Near the wall there is a divan-bed. In the built-in-wardrobe we keep our clothes & bed linen.
The adjoining room is the children's room. The bright pattern of the curtains & of wall paper makes the room look gay. There is a writing desk with a desk lamp, a small sofa & a lot of toys there.

In the kitchen there is a fridge, a cupboard, a kitchen table & a gas-stove. Over the sink there is a plate-rack. All kitchen utensils are close at hand.

In the corridor there is a built-in-closet, where we keep our vacuum-cleaner, electric iron & other household objects.

In the bathroom there is a bath-tub & a shower, a towel-rack & a wash-basin with a shelf above it. There tooth-brushes, a cake of soap & some shaving articles on it. Near the bath-room there is a lavatory.

There is nothing special about our flat, no rich decorations but we are accustomed to it & cannot compare it to the old one.

***1.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях. Порядок слов в вопросительном предложении. Безличные предложения.
2. Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные).
3. Имя существительное. Артикли (определенный, неопределенный, нулевой).
4. Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have.* Оборот *there+be.*
5. Имя прилагательное и наречие. Степени сравнения. Сравнительные конструкции.
6. Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат).

**Порядок слов в английском предложении**

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

| I | II | III Дополнение | IV |
|---|---|---|---|

| | | | | | Обстоятельство |
|---|---|---|---|---|---|
| **Подлежащее** | **Сказуемое** | **Косвенное без предлога** | **Прямое** | **Косвенное с предлогом** | |
| We<br>Мы | study<br>изучаем | | math<br>математику | | |
| He<br>Он | gives<br>дает | us<br>нам | lessons<br>уроки | | in this room.<br>в этой комнате |
| She<br>Она | reads<br>читает | | her notes<br>свои заметки | to Peter<br>Петру | every day.<br>каждый день |

***Вопросительное предложение***

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

**Общие вопросы**

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.

Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?

Примеры с модальными глаголами:

She can drive a car. – Она умеет водить машину.

Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot )

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.

Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?

Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

***Ответы на общие вопросы***

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not

Например: Are you a student? - Ты студент?

Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.

Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

**Специальные вопросы**

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.

Специальные вопросы могут начинаться словами:

who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?

when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?

how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

**Вопрос к прямому дополнению:**

What are you reading? Что ты читаешь?

What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

**Вопрос к обстоятельству**

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.

When will he come back? – Когда он вернется?

What did he do it for? Зачем он это сделал?

Where are you from?

**Вопрос к определению**

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?

Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

**Вопрос к сказуемому**

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: "Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?", например:

What does he do? Что он делает?

**Специальные вопросы к подлежащему**

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)

what - что (для неодушевленных существительных)

The teacher read an interesting story to the students yesterday.

Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

**Альтернативные вопросы**

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

**Разделительные вопросы**

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:
You speak French, don’t you? You are looking for something, aren’t you? Pete works at a plant, doesn’t he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:
It is not very warm today, is it? John doesn’t live in London, does he?

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Write questions and answers for the following statements, as in the example.***

1 Paul was tired when he got home.
*…Was Paul tired when he got home? Yes, he was…*
2 They live in London.
3 She can't play the piano.
4 The film starts at nine o'clock.
5 You had an English lesson last night.
6 She has got blue eyes.
7 We didn't want to go to the beach.
8 He should follow the doctor's advice.

***2. Write the short form of the following negative questions***

1 Can they not decide where to go on holiday?

*...Can't they decide where to go on holiday?...*

2 Did Claire not invite you to her party?

3 Do you not enjoy watching horror films?

4 Have you not finished your homework yet?

5 Can she not go to town on her own?

6 Does he not know where we live?

7 Has Sue not done the shopping for you?

8 Did he not give you any details?

***3. Fill in the gaps with the correct question word(s).***

A: Now for the general knowledge part of the quiz.

1) ...*What*... is the capital of Egypt?

B: Cairo.

A: That's correct. 2) … can you see the Mona Lisa?

B: In the Louvre, in Paris.

A: Well done, that's right. 3) … wrote 'Romeo and Juliet'?

B: Charles Dickens.

A: No, that's incorrect. It was Shakespeare. 4) … are the Olympic Games held?

B: Every four years.

A: Correct. 5) … did the Second World War begin?

B: I think it was in 1939.

A: Yes, you're right. And the final question in this round is: 6) … players are there in a hockey team?

B: Eleven.

A: Correct. Well, at the end of that round, Contestant 2 has the most points, so he goes through to the final round to play for our star prize.

***4. Fill in who, whose, what, which, where, when, how long, how often, what time, why, how much or how many.***

is your jacket?' 'It's the red one.'

1. '...*Which*... is your jacket?' 'It's the red one.'
2. '…is your birthday?' 'It's next week.'
3. '… is Mary?' 'She's in her bedroom.'
4. '… have you been waiting?' Only five minutes.'
5. '… do you go shopping?' Once a week.'
6. '… are you doing at the moment?' I'm watching TV.'
7. ' … are you writing to?' 'Uncle Tom.'
8. '…do you start work?' At nine o'clock in the morning.'
9. '… pieces of toast do you want?' Two, please.'
10. '… isn't she at work today?' Because she's ill.'
11. '… did you spend last month?' About £500.'
12. ' … party are you going tonight?' 'Alison's'

***5. Fill in the gaps with what, which or how.***

1 A: ...*What*... do you want to do when you leave school?
B: I'm not really sure. I'd like to be a vet.

2 A: … bag do you prefer - the black one or the brown one?
B: I like the black one best.

3 A: … old are you?
B: It was my birthday last week. Now I'm fifteen.

4 A: … did you get my telephone number?
B: I looked in the staff address book.

5 A: … shall we do on Saturday?
B: Let's just stay at home and watch a video.

6 A: … house did you prefer — the one we saw first or second?
B: I didn't like either. We'll have to keep looking.
7 A: … many pairs of shoes did you buy last year?
B: Only two. One in the summer and one in the winter.
8 A: … is your favourite food?
B: Roast chicken.

***6. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 **The tiger** is the largest member of the cat family.
*…Which is the largest member of the cat family?...*
2 A mature male tiger weighs **between 160 and 230 kg**.
3 Tigers are usually **orange with black stripes**.
4 Tigers live **in Russia, China, India and South-East Asia.**
5 **The Javan tiger, the Bali tiger and the Caspian tiger** are extinct.
6 Tigers eat **a variety of smaller animals, including deer.**
7 Tigers can produce young **at any time of year.**
8 Tigers usually have **two or three** cubs at a time.
9 Tigers live **for an average of eleven years.**
10 Tigers are hunted **for sport or for their fur**.

***7. Write questions to which the words in bold are the answers.***

Claudette is **32 years old**. She lives **in Paris, France**, and has lived there **since she was 5 years old.** Claudette works as **a lawyer** for a successful law firm, and she travels to work **by car** every day. Claudette is married. Her husband's name is **Jean**. They have **two** dogs. She loves **to take the dogs for long walks** every evening **after work.** Claudette has several hobbies, such as **reading and playing the piano**, but her **favourite hobby is cooking**. Jean thinks this is good, too, **because he gets to eat the wonderful meals she makes.**

***8. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 **The Petersons** have bought a dog.
*…Who has bought a dog?...*
2 The Petersons have bought **a dog.**
*…What have the Petersons bought?...*
3 Rachel is writing **a letter**.
4 **Rachel** is writing a letter.
5 **Brian** likes this car.
6 Brian likes **this car**.
7 Dad broke **the window**.
8 **Dad** broke the window.
9 **Mother** will make a birthday cake.
10 Mother will make **a birthday cake**.
11 **Robin** is going to bake some biscuits.
12 Robin is going to bake **some biscuits**.

***9. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 Wendy doesn't agree with **her friend's decision**.
*…What doesn't Wendy agree with?...*
2 James is listening to **some old records**.
3 Sharon is waiting for **the bus**.
4 The boys were talking about **football**.
5 She has got a letter from **her pen-friend**.
6 Martin is thinking about **his holiday**.
7 This jacket belongs to **Stacey.**
8 Pauline was married to **Nigel.**

***10. Complete the questions.***

1 There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which …*book is Sue's*...?' 'The one on the table.'
b) 'Whose …*book is on the table*…?' 'Sue's.'
2 Steven wrote four letters.
a) 'Who … ?' 'Steven.'
b) 'How many … ?' 'Four.'
3 Teresa is going to wash the car.
a) 'Who … ?' Teresa.'
b) 'What … ?' 'The car.'
4 Kate visited John in hospital yesterday.
a) 'Who … ?' 'Kate.'
b) 'Who … ?' 'John.'
5 David has taken Frank's new CD.
a) 'Whose …?' 'Frank's.'
b) 'Who …?' 'David.'
6 Alice is going to the cinema tonight.
a) 'Who …?' 'Alice.'
b) 'Where …?'The cinema.'

**Безличные предложения**

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

**Местоимение. The Pronoun.**
**Классификации местоимений.**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **personal** | личные |
| 2 | **possessive** | притяжательные |
| 3 | **demonstrative** | указательные |
| 4 | **indefinite and negative** | неопределенные и отрицательные |
| 5 | **quantifiers** | количественные |
| 6 | **reflexive** | возвратные |
| 7 | **reciprocal** | взаимные |
| 8 | **relative** | относительные |
| 9 | **defining** | определительные |
| 10 | **interrogative** | вопросительные |

***I. Личные (personal) местоимения***

| **Общий падеж** | | **Объектный падеж** | |
|---|---|---|---|
| **I** | я | **me** | мне, меня |
| **he** | он | **him** | его, ему |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **she** | она | **her** | ей, о ней |
| **it** | оно, это | **it** | ей, ему, этому |
| **we** | мы | **us** | нам, нас |
| **they** | они | **them** | им, их |
| **you** | ты, вы | **you** | тебе, вам |

**Внимание! He (он**) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

| **he** | **she** | **it** |
|---|---|---|
| **a boy –** мальчик<br>**a man –** мужчина<br>**brother** – брат<br>**father** – отец<br>**Nick –** Николай<br>**Mr Grey –** мистер Грей | **a girl –** девочка<br>**a woman –** женщина<br>**sister – с**естра<br>**motherч–** мама<br>**Kate –** Катя<br>**Mrs Grey –** миссис Грей | **a cat –** кот<br>**a wall –** стена<br>**rain –** дождь<br>**love –** любовь<br>**a hand –** рука<br>**an apple -** яблоко |

**Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).**

### *II. Притяжательные (possessive) местоимения*

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы - основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
**Whose pen is it?** - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

| **Личное местоимение** | **Основная форма** | **Абсолютная форма** |
|---|---|---|
| **I –** я<br>**he –** он<br>**she –** она<br>**it – оно,** это<br>**we –** мы<br>**you –** ты, вы<br>**they -** они | **my (toy) -** моя (игрушка)<br>**his (toy) -** его (игрушка)<br>**her (toy) -** ее (игрушка)<br>**its (toy) -** его (не о человеке)<br>**our (toy) -** наша (игрушка)<br>**your (toy) -** ваша, твоя (игрушка)<br>**their (toy) -** их (игрушка) | **his -** его<br>**hers -** ее<br>**its -** его (этого)<br>**ours -** наша<br>**yours -** ваша, твоя<br>**theirs -** их |

### *III. Указательные (demonstrative) местоимения*

**this** (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

### *IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения*

**Местоимения some, any, every, и их производные**

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
**I have/l have got three apples.** *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

### *Производные от неопределенных местоимений*

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

**Thing используется для неодушевленных (что-то):**

**some** **something –** *что-то, что-нибудь*

| | |
|---|---|
| **any** | **anything -** *что-то, что-нибудь* |
| **thing** | |
| **no** | **nothing -** *ничего, ничто* |
| **every** | **everything -** *все* |
| **Body/one - для одушевленных (кто-то):** | |
| **some** | **somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь* |
| **any** | **anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь* |
| **body/one** | |
| **no** | **nobody / no one -** *никого, никто* |
| **every** | **everybody /everyone –** *все, каждый* |

Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*

| | |
|---|---|
| **somewhere -** *где-нибудь, куда-нибудь* | **anywhere -** *где угодно* |
| **nowhere -** *нигде* | **everywhere -** *везде* |

### *V. Количественные (quantifiers) местоимения*

**Many и much** - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.

| | |
|---|---|
| **many girls -** *много девочек* | **much snow -** *много снега* |
| **many boys -** *много мальчиков* | **much money -** *много денег* |
| **many books -** *много книжек* | **much time -** *много времени* |

| | |
|---|---|
| **How many?** } **сколько?** | **How many girls? -** *Сколько девочек?* |
| **How much?** } **сколько?** | **How much sugar? -** *Сколько сахара?* |
| | **How much sugar? -** *Сколько сахара?* |

**a lot of... -** много - используется и с исчисляемыми, girls – много девочек
и с неисчисляемыми существительными **a lot of**
a lot без (of) используется и без существительного. sugar - много сахара
**Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.*
He writes **a lot.** *Он много пишет.*

В утвердительных предложениях используйте **a lot of.**
В отрицательных и в вопросительных **many/much,**
**Сравните:**
(+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*.
(-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?*
Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":**
Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.

**Few, little, a few, a little**
**С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).**

| | |
|---|---|
| **few books -** мало книг | **little time -** мало времени |
| **few girls -** мало девочек | **little money -** мало денег |
| **few boys -** мало мальчиков | **little snow -** мало снега |
| **little** } **мало (т.е. надо еще)** | **a little** } **немного (т.е. пока хватает)** |

| few | a few |
|---|---|

### *VI. Возвратные (reflexive) местоимения*

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

| Личное местоимение | Возвратное местоимение | Пример | Перевод |
|---|---|---|---|
| I | myself | I did it myself. | Я сделал это сам |
| he | himself | He did it himself. | Он сделал это сам. |
| she | herself | She did it herself. | Она сделала это сама |
| you | yourself | You did it yourself. | Вы сделали это сами. |
| they | themselves | They did it themselves. | Они сделали это сами. |
| we | ourselves | We did it ourselves. | Мы сделали это сами. |

### *VII. Взаимные (reciprocal) местоимения*

**Each other -** друг друга (относится к двум лицам или предметам).
**One another** - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
**They spoke to <u>each other</u> rather friendly.** *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
**They always help <u>one another</u>.** *Они всегда помогают друг другу.*

### *VIII. Относительные (relative) местоимения*

**Who (whom), whose, which, that**

| | |
|---|---|
| **who** | **Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)**<br>**The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.* |
| | **Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение)**<br>**The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.* |
| **which** | **Для неодушевленных предметов и животных**<br>**The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.* |
| **whose** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.* |
| **that** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.* |

## *IX. Определительные (defining) местоимения*

**all**

| Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| **определяет неисчисляемые существительные** | He spent **all his** time fishing on the lake**.** | Он провел все свое время, ловя рыбу на озере. |
| **определяет исчисляемые существительные** | **All the** boys like football. **(the после all!)** | Все мальчишки любят футбол. |
| **all = everything** | I know **all/everything.** | Я знаю всё. |
| **all = everybody** | **All** were hungry. **Everybody** was hungry. | Все были голодны. Все были голодны. |
| **we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them** | We **all** love you very much = **All** of us love you very much. | Мы все тебя очень любим |

**both**

| Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| определяет существительные | **Both (the/my) friends like football.** | Оба моих друга любят футбол |
| допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both | **Both these/the men are Russian.** | Оба (эти) мужчины - русские. |
| употребляется вместо существительного | **He gave me two apples. Both were sweet.** | Он дал мне два яблока. Оба были сладкими. |
| they both = both of them you both = both of you we both = both of us | **They both (both of them) came to visit us.** | Они оба пришли навестить нас. |
| в устойчивой конструкции **both...and.** | **Both mother father were at home** | И мама, и папа были дома. |
| в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither** | **Both of them know English. Neither of them know English.** | Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского. |

**either/neither**

| | Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|---|
| **either** | любой из двух (артикль не ставится) | **I’ve got 2 cakes. Take either cake.** | У меня 2 пирожных. Возьми любое. |
| | каждый, оба, и тот, и другой | **There are windows on either side of the house.** | С обеих сторон дома есть окна. |
| | заменяет существительное (глагол в ед. числе) | **Either of dogs is always hungry.** | Любая из собак вечно голодная. |
| **neither** | отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой) | **Neither of examples is correct.** | Ни один из примеров не верен. |
| | в констр. neither.. .nor (ни.. .ни) | **I like neither tea, nor coffee.** | Я не люблю ни чай, ни кофе. |

**other, another, the other, the others (другой, другие)**

| | Употребление | Примеры | Перевод |
|---|---|---|---|
| **the other** | другой (второй), другой из двух | **You’ve got 2 balls: one and the other.** | У тебя 2 мяча: один и другой. |
| **another** | другой из многих, еще один | **Take another ball.** | Возьми другой мяч. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | (Любой, но не этот.) |
| **other** | другие (любые), не последние | **Take other 2 balls.** | Возьми другие 2 мяча. (Из многих.) |
| **the others** | другие (определенные) | **There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.** | Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие. |

***X. Вопросительные (interrogative) местоимения***

| | | | |
|---|---|---|---|
| **what** | что | **What's this?** | Что это? |
| **which** | который | **Which of them?** | Который из них? |
| **who** | кто, кого | **Who was that?** | Кто это был? |
| **whom** | кого | **Whom did you meet?** | Кого ты встретил? |
| **whose** | чей | **Whose book is it?** | Чья это книга? |

Имя существительное. The Noun

| Категории | Существительное в русском языке | Существительное в английском языке |
|---|---|---|
| Число | **Изменяется** | **Изменяется** |
| Падеж | **Изменяется** | **Не изменяется** |

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***. Fill in the gaps with the correct subject or object pronoun.***

1 A: Do your brothers play football?
B: Yes, ...*they*... play … all the time … think …'s a brilliant game.
2 A: Does Susan eat chocolate?
B: Yes … eats … all the time … says …'s her favourite food.
3 A: Do your parents know Mr. Jones?
B: Yes, … know … very well … lives next door to … .
4 A: Does Claire like David?
B: No, … doesn't like … very much. … says …'s too noisy.
5 A: Do you listen to rock music?
B: Yes, … listen to … all the time. … think …'s fantastic.
6 A: Does Tony enjoy fishing?
B: Oh, yes … enjoys … very much. .... says … relaxes him.

***2. Fill in the gaps with there or it.***

1 By the time I got home, ...*it*… was nearly ten o'clock.
2 'Is … your birthday today?" No, … was last week.'
3 Come here, Simon … is someone here to see you. I think … is your friend, Rod.
4 … wasn't warm enough to go to the beach, so we went to the cinema.
5 … wasn't very much money left after I had paid for the shopping.

***3. Fill in the gaps with one or it.***

1 A: I need a loaf of bread.
B: I'll buy ...*one*... this afternoon.
2 A: Is the phone ringing?
B: I can't hear … .
3 A: 'Titanic' is an amazing film.
B: I know. I've seen … twice.
4 A: When was the last time you read a book?
B: I haven't read … for months.

5 A: Have you got a car?
B: No. I can't afford … .
6 A: Do you like the new Rolling Stones CD?
B: I haven't heard … yet.
7 A: I need a dress for the party.
B: I'll lend you … .

***4. Fill in the correct possessive adjective or pronoun.***

1 A: Have you met ...*your*... new neighbours yet?
B: No. I've seen … children in the garden, though.
2 A: You took … coat home last night.
B: I know, I'm sorry. I thought it was … because they're both black.
3 A: What's wrong with Rosie?
B: Oh, she's been having problems with … back recently.
4 A: James is doing well at school.
B: I know … teacher says he's very advanced for his age.
5 A: Is this bag … ?
B: Oh, yes, thank you. I nearly forgot it.
6 A: Julie and Frank are so lucky … house is beautiful.
B: Yes, and it's so much bigger than … I envy them.
7 A: I like … shirt. It's like Sandra's.
B: Actually, it is … I borrowed it from her yesterday.
8 A: Why did you lend Tom … car?
B: Because … is being repaired at the moment.

***5. Fill in its or it's.***

1 The car is nice to drive, but I don't like ...its... colour.
2 This town is wonderful … got lots of shops!
3 I'm staying at home today because … cold outside.
4 Let's go in here … my favourite restaurant.
5 A bird has built … nest in our garden.
6 The company I work for has changed … name.

***6. Fill in a possessive adjective or the.***

1 A dog bit him on ...*the*... leg.
2 I banged … head on the cupboard door.
3 Karen put … arm around Jane's shoulder.
4 Don't put … feet on the tablel
5 You shouldn't have punched Tom in … stomach.
6 Paul patted Lisa on … shoulder.

***7. Fill in the gaps with of where necessary, and my, your, etc. own.***

1 John doesn't live with his parents any more. He's got a flat ...*of his own*...
2 She doesn't travel by bus any more because she's got … car.
3 I don't need to borrow your umbrella. I've got one … .
4 Haven't you got … pen? You're always borrowing mine.
5 My job includes doing research in … time.
6 Sam is tired of using his friend's computer, so he is going to buy one… .
7 The couple moved into … house after they got married.
8 Don't let the dog sleep on your bed. It's got a bed … .

***8. Connect the nouns using -'s, -' or ...of…***

1 car/Helen ...*Helen's car*…
2 the manager/the restaurant
3 shoes/women
4 the results/the test
5 bicycles/my daughters

6 secretary/the assistant manager
7 the corner/the room
8 house/their parents
9 the back/the classroom
10 shoes/William
11 walk/an hour
12 partner/Jim
13 Rome/the streets
14 UN/headquarters

***9. Rewrite the sentences using the correct possessive form.***

1 Nobody went to **the meeting last week**.

*...Nobody went to last week's meeting....*

2 The **drive** to the airport takes **two hours**.
3 They will get their exam results **six weeks from now**.
4 I look after **James - Karen — children**.
5 I received the letter in **the post - yesterday**.
6 It's autumn. **The tree - the leaves** are falling off.
7 Graham never listens to **his doctor - the advice.**
8 Are you going to **Jane - Paula - the party**?
9 He has never done a hard **day of work** in his life.
10 At the moment I'm staying with **a friend - my**.
11 I think I'll order **the special of today**.
12 The man knocked on **the house - the door**.
13 The ticket inspector looked at **the people – the tickets.**
14 **Mrs Jones - Miss Smith - cars** are being serviced.
15 **The sales target this month** is two million pounds.

***10. Fill in the gaps with the correct reflexive pronoun.***

1 The girl has hurt … *herself...* .
2 He put the fire out by …
3 She is looking at … in the mirror.
4 They are serving …
5 He cooked the food by …
6 They bought this house for …
7 They are enjoying …
8 He introduced …

## The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

| Способ образования | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| **после глухих согласных** | **a book - books**<br>**a cup - cups** | **книга - книги**<br>**чашка - чашки** |
| **после звонких согласных и гласных -** | a name - names<br>a girl - girls | **имя - имена**<br>**девочка - девочки** |
| после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es | a palace - palaces<br>a bush - bushes<br>a box - boxes<br>a church - churches | дворец - дворцы<br>куст - кусты<br>коробка - коробки церковь - церкви |
| слово заканчивается на -y: 1) гласная +y | **a toy - toys**<br>**a boy - boys** | игрушка - игрушки мальчик - мальчики |

| | | |
|---|---|---|
| **2)** согласная + y | **a family - families**<br>**a story - stories** | **семья - семьи**<br>**история - истории** |
| слово заканчивается на *-file* | **a leaf - leaves**<br>**a shelf - shelves** | лист - листья<br>полка - полки |

Особые случаи образования множественного числа

| **Ед. число** | **Мн. число** | **Перевод** |
|---|---|---|
| man | men | мужчина - мужчины |
| woman | women | женщина - женщины |
| foot | feet | нога (стопа) - ноги (стопы) |
| child | children | ребенок - дети |
| goose | geese | гусь - гуси |
| mouse | mice | мышь - мыши |
| **ox** | oxen | **бык - быки** |
| **tooth** | teeth | **зуб - зубы** |

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):
This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

| **Со словами** one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.** | |
|---|---|
| **What apple do you want?**<br>**Какое ты хочешь яблоко?**<br>**The red one. Красное.** | **What apples do you want?**<br>**Какие яблоки ты хочешь?**<br>**The red ones. Красные.** |

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

| | |
|---|---|
| И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски. | This girl speaks English well. |
| Р. п. Это собака той девочки. | It’s a dog of that girl. |
| Д. п. Я дал яблоко той девочке. . | I gave an apple to that girl. |
| В. п. Я вижу маленькую девочку. . | 1 can see a little girl. |
| Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой. | 1 like to play with this girl. |
| П. п. Я часто думаю об этой девочке. | 1 often think about this girl. |

**Притяжательный падеж. The Possessive Case**
**Образование притяжательного падежа**

| | **Образование** | **Примеры** | **Перевод** |
|---|---|---|---|
| существительные в единственном числе | **’s** | **bird’s house**<br>**child’s ball** | домик птички<br>мячик ребенка |
| существительные во множественном числе (группа исключений} | **’s** | **children’s bail**<br>**women’s rights** | мячик детей<br>права женщин |
| существительное во множественном числе | **’** | **girls’ toy**<br>**birds’ house** | игрушка девочек<br>домик птичек |

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother’s book - мамина книга,

this girl’s bail - мячик девочки,

the bird’s house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Fill in the gaps with an appropriate noun + of to indicate quantity.***

1 a ... carton/glass/jug of ... orange juice
2 a … cheese
3 a … bread
4 a … coffee
5 a … water
6 a … wine
7 a … chocolate
8 a … crisps
9 a … honey
10 a … meat
11 a … spaghetti
12 a … flour

***2. Fill the gaps with a, an, or some where necessary.***

1 a) We had ...some... delicious food last night,
b) We had ...a... delicious meal last night.
2 a) There is … beautiful furniture in that shop,
b) There is … beautiful table in that shop.
3 a) I'm thirsty. I need … drink.
b) I'm thirsty. I need … water.
4 a) She's just bought … expensive clothes.
b) She's just bought … expensive dress.
5 a) They booked … room in advance.
b) They booked … accommodation in advance
6 a) The band played … lovely song.
b) The band played … lovely music.
7 a) We had … heatwave last week.
b) We had … hot weather last week.
8 a) I can't do this job alone. I need … assistant
b) I can't do this job alone. I need … help.
9 a) He has got … heavy luggage to carry.
b) He has got … heavy suitcase to carry.
10 a) I need … cutlery to eat this food with.
b) I need … knife and fork to eat this food with.
11 a) She has got … important job to do.
b) She has got … important work to do.
12 a) He found … coin on the ground.
b) He found … money on the ground.

***3. Complete the sentences using the noun in brackets in the singular or plural form and a/an where necessary.***

1. He gave me a box' of my favourite ...chocolates.... (chocolate)
2. His favourite food is … . (chocolate)
3. She bought … on her way to work. (paper)
4. He placed all the important … in his briefcase. (paper)
5. I need some … to write this message on. (paper)
6. Hurry up! We don't have much …. (time)
7. She has visited us several … this month. (time)
8. He has no … but he is keen to learn. (experience)
9. She had a lot of exciting … during her travels. (experience)
10. We went far a walk in the … after lunch. (wood)
11. His desk is made of ……. . (wood)
12. Jane is in her… reading a book. (room)
13. We have got plenty of … for a party in here. (room)
14. I am going to have my … cut tomorrow. (hair)
15. There was …in my soup. (hair)
16. I'm thirsty. I need … of water. (glass)
17. Susan only wears her … when she reads. (glass)
18. This ornament is made of coloured …. . (glass)
19. Helen bought … in the sale at the electrical store. (iron)
20. The old gate was made of … .(iron)

***4. Cross out the expressions which cannot be used with the nouns, as in the example.***

1 There are **several, many, <u>much,</u> plenty of, <u>too little</u>** things you can do to help.
2 He has met **a couple of, a few, very little, plenty of, too much** interesting people.
3 She earns **few, hardly any, plenty of, several, a great deal** of money.
4 We have got **no, many, lots of, a great deal of, a few** work to do.
5 Don't worry, there's **a little, plenty of, a couple of, many, a lot of** time.
6 **Both, Several, A large quantity of, Plenty of, Too much** students applied for the course.
7 He's got **no, hardly any, a little, some, a small amount of** qualifications.
8 She's got **hardly any, several, a little, a few, a lot of** experience in dealing with customers.
9 There is **too much, a lot of, hardly any, few, several** salt in this soup.
10 There is **a little, many, too much, a great number of, some** traffic on the roads today.

***5. Underline the correct word.***

1 A: I have a Physics exam tomorrow.
B: Oh dear. Physics **<u>is</u>/are** a very difficult subject.
2 A: My office is three miles from my house.
B: Three miles **is/are** a long way to walk to work.
3 A: My little brother has got measles.
B: Oh dear. Measles **is/are** quite a serious illness.
4 A: Jane looked nice today, didn't she?
B: Yes. Her clothes **were/was** very smart.
5 A: I've got two pounds. I'm going to buy a CD.
B: Two pounds **is/are** not enough to buy a CD.
6 A: The classroom was empty when I walked past.
B: Yes. The class **was/were** all on a school outing.
7 A: Have you just cleaned the stairs?
B: Yes, so be careful. They **is/are** very slippery.
8 A: Did you ask John to fix your car?
B: Yes. His advice **was/were** that I take it to a garage.

9 A: Did you enjoy your holiday?
B: Yes, thank you. The weather **was/were** wonderful.
10 A: These trousers **is/are** very old.
B: You should buy a new pair.
11 A: How **is/are** the company doing lately?
B: Great. We opened up two more branches.
12 A:' I am going to travel for two years when I finish school.
B: Two years **is/are** a long time to be away from home.

***6. Finish the sentences, as in the example.***

1 You need a lot of experience to do this job. A lot of experience ...is needed to do this job...
2 They gave us some interesting information. The information …
3 She likes Maths more than any other subject. Maths …
4 We had mild weather this winter. The weather …
5 We called the police immediately. The police …
6 I told them some exciting news. The news …
7 He was irritated because of the bad traffic. He was irritated because the …
8 I stayed in very luxurious accommodation. The accommodation …
9 The driver took the luggage out of the car. The luggage …
10 She gave me very sensible advice. The advice she gave me …
11 These shorts are too big for me. This pair of shorts …
12 The hotel is in magnificent surroundings. The hotel surroundings …
13 She's got long blonde hair. Her hair …

## Артикль. The Article

**1. Неопределенный a/an (**используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

**2. Определенный the (**может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово “an hour” (час) начинается с согласной буквы “h”, но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю “a” также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

**Использование неопределенного артикля a**

| | |
|---|---|
| один из множества (любой) | This is a cat. |
| первое упоминание в тексте | I see a bird. |
| при упоминании профессии | My brother is a pilot. |
| в восклицательных предложениях | What a good girl!<br>What a surprise! |

| | |
|---|---|
| | Such a fine room! |
| вместо слова один | She is coming for a weak. |
| в определенных конструкциях<br>there is a...<br>I have a…<br>he has a...<br>I see a...<br>this is a...<br>that is a…<br>It is a...<br>Iama…<br>he/she is a… | There is a book here.<br>I have got a nice coat.<br>He has a kind smile.<br>I see a wolf.<br>This is a dog.<br>That is a doctor.<br>It is a red pen.<br>I am a good swimmer.<br>He/she is a tourist |
| в ряде устойчивых словосочетаний<br>at a quarter..,<br>in a loud, (a low, an angry voice)<br>to have a good time<br>a lot of<br>to go for a walk<br>such a...<br>after a while<br>in a day (a month, a week, a year) | Come at a quarter to 8.<br>Don't speak to him in an angry voice.<br>We had a good time in the country.<br>She has got a lot of presents.<br>Let's go for a walk.<br>He is such a clever boy.<br>You'll see them after a while.<br>We are living in a day. |

**Использование определенного артикля the**

| | |
|---|---|
| если речь идет о конкретном лице или предмете | The pen is on the table. |
| при повторном упоминании того же самого объекта | I see a cat. The cat is black. |
| если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света | the sun, the moon, the Earth |
| со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный) | The only man I love<br>the main road<br>to the left, to the right<br>It was the right answer. the final test |
| с порядковыми числительными | the first, the tenth |
| с прилагательными в превосходной степени | the kindest, the most interesting<br>the best |
| с музыкальными инструментами и танцами | to play the piano, to dance the tango |
| с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры) | The Britons keep their traditions. |
| с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов | the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street |
| с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of | the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard |

**Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний**

| | |
|---|---|
| in the middle, in the corner<br>in the morning, In the evening, in the afternoon<br>what’s the use?<br>to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market | The table is in the middle of the room.<br>I never drink coffee in the evening.<br>What's the use of going there so late?<br>Do you like going to the theatre?<br>He works at the shop. |

| | |
|---|---|
| at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market<br>the fact is (was) that...<br>where is the…?<br>in the country, to the country | The fact is that I have no money at all.<br>Where is the doctor?<br>We always spend summer in the country. |

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

**Случаи, когда артикль не употребляется**

| | |
|---|---|
| если, перед существительным стоит притяжательное местоимение | a pen - my pen<br>a dog - his dog<br>the teacher - our teacher<br>the apple - her apple |
| если перед существительным стоит указательное местоимение | the cats - those cats<br>the books - these books<br>a mouse - this mouse |
| если стоит другое существительное в притяжательном падеже | a car - father's car<br>the horse - farmer's horse<br>a bike - brother's bike<br>the doll - sister's doll |
| если перед существительным стоит, количественное числительное | 5 balls, 7 bananas, 2 cats |
| если перед существительным стоит отрицание “no” | She has no children.<br>I see no birds. |
| перед именами | Mike, Kate, Jim, etc |
| с названиями дней недели | Sunday, Monday, etc. |
| с названиями месяцев | May, December, etc. |
| с названиями времен года | in spring, in winter |
| с названиями цветов | white, etc.<br>I like green |
| с названиями спортивных игр | football, chess, etc. |
| с названиями блюд, напитков | tea, coffee, soup, etc, |
| с названиями праздников | Easter, Christmas, etc. |
| с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the | English, etc. I learn English, the English language |
| с названиями стран | Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo |
| с названиями городов | Moscow, Paris, etc. |
| с названиями улиц, площадей | Trafalgar Square |
| с названиями парков | St James’ Park, Hyde Park |
| с названиями мостов | Tower Bridge |
| с названиями одиночных гор | Kilimanjaro |
| с названиями озер | Loch Ness |
| с названиями континентов | Asia, Australia, etc. |
| с названиями одиночных островов | Cyprus |
| если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное | what animals can swim? I know what thing you have lost! |

| | |
|---|---|
| местоимение | |

## ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

**По своей структуре** глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

**По значению** глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

**Все формы глагола в английском языке делятся на** личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

**Глаголы в изъявительном наклонении** выражают реальное действие, передают факты: His son goes to school. Его сын учится в школе.
She has written an interesting article. Она написала интересную статью.
A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

**Глаголы в повелительном наклонении** выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:
"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.
Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

**Глаголы в сослагательном наклонении** выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

**Глаголы в действительном залоге** выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

**Глаголы в страдательном залоге** выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:
Он прочитал эту статью с интересом.

**Глаголы несовершенного вида** обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

## Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

| Утверждение | | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|---|
| Полная форма | Краткая форма | Полная форма | Краткая форма | Am I? |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I am | I'm | I am not | I'm not | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Is he? |
| He is | He's | He is not | He isn't | Is she? |
| She is | She's | She is not | She isn't | Is it? |
| It is | It's | It is not | It isn't | Are we? |
| We are | We're | We are not | We aren't | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Are they? |
| They are | They're | They are not | They aren't | |

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

**WAS/WERE**

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| I was | I was not | I wasn’t | Was I? |
| You were | You were not | You weren’t | Were you? |
| He was | He was not | He wasn’t | Was he? |
| She was | She was not | She wasn’t | Was she? |
| It was | It was not | It wasn’t | Was it? |
| We were | We were not | We weren’t | Were we? |
| You were | You were not | You weren’t | Were you? |
| They were | They were not | They weren’t | Were they? |

**ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE**

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.
Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.
It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)
There are three books on the desk.
They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

**Конструкция There was/There were**

This is a modern town today.
There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.
This is the same town fifty years ago.
There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| There was | There was not | There wasn't | Was there? |
| There were | There were not | There weren't | Were there? |

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

**Глагол Have got**

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.

б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.

в) в следующих высказываниях: I’ve got a headache. I’ve got a temperature. I’ve got a cough, I’ve got a toothache, I’ve got a cold, I’ve got a problem.

| Утверждение | | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|---|
| Полная форма | Краткая форма | Полная форма | Краткая форма | Have I (got)? |
| I have (got) | I've (got) | I have not (got) | I haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Has he (got)? |
| He has (got) | He's (got) | He has not (got) | He hasn't (got) | Has she (got)? |
| She has (got) | She's (got) | She has not (got) | She hasn't (got) | Has it (got)? |
| It has (got) | It's (got) | It has not (got) | It hasn't (got) | Have we (got)? |
| We have (got) | We've (got) | We have not (got) | We haven't (got) | Have you (got)? |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| You have (got)<br>They have (got) | You've (got)<br>They've (got) | You have not (got)<br>They have not (got) | You haven't (got)<br>They haven't (got) | Have they (got)? |

**Had**

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

| Утверждение | Отрицание | | Вопрос |
|---|---|---|---|
| | Полная форма | Краткая форма | |
| I had | I did not have | I didn't have | Did I have? |
| You had | You did not have | You didn't have | Did you have? |
| He had | He did not have | He didn't have | Did he have? |
| She had | She did not have | She didn't have | Did she have? |
| It had | It did not have | It didn't have | Did it have? |
| We had | We did not have | We didn't have | Did we have? |
| You had | You did not have | You didn't have | Did you have? |
| They had | They did not have | They didn't have | Did they have? |

**Имя прилагательное. The Adjective**

| **Категории** | **Прилагательное в русском языке** | **Прилагательное в английском языке** |
|---|---|---|
| **Число** | изменяется | не изменяется |
| **Род** | изменяется | не изменяется |
| **Падеж** | изменяется | не изменяется |

**Образование имен прилагательных**

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе **ни приставок, ни суффиксов: small** - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.

К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

**Суффиксальное образование имен прилагательных**

| **Суффикс** | **Пример** | **Перевод** |
|---|---|---|
| **- ful** | use**ful**<br>doubt**ful** | **полезный**<br>**сомневающийся** |
| **- less** | help**less**<br>use**less** | **беспомощный**<br>**бесполезный** |
| **- ous** | fam**ous**<br>danger**ous** | **известный**<br>**опасный** |
| **- al** | form**al**<br>centr**al** | **формальный**<br>**центральный** |
| **- able** | eat**able**<br>cap**able** | **съедобный**<br>**способный** |

**Приставочный способ образования имен прилагательных**

| Приставка | Пример | Перевод |
|---|---|---|
| **un -** | **un**cooked<br>**un**imaginable | **невареный**<br>**невообразимый** |
| **in -** | **in**capable<br>**in**human | **неспособный**<br>**негуманный** |
| **il -** | **il**legal<br>**il**liberal | **нелегальный**<br>**необразованный** |
| **im -** | **im**possible<br>**im**practical | **невозможный**<br>**непрактичный** |
| **dis -** | **dis**honest<br>**dis**agreeble | **бесчестный**<br>**неприятный** |
| **ir -** | **ir**regular<br>**ir**responsible | **неправильный**<br>**безответственный** |
| Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый,<br>**snow-white –** белоснежный. | | |

**Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing**

| **- ed** | **- ing** |
|---|---|
| **Описывают чувства и состояния** | **Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства** |
| **interested –** интересующийся, заинтересованный | **interesting -** интересный |
| **bored -** скучающий | **boring -** скучный |
| **surprised -** удивленный | **surprising -** удивительный |

**Степени сравнения прилагательных**

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**

Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:

**- положительная** степень сравнения **(Positive Degree);**

**- сравнительная** степень сравнения **(Comparative Degree);**

**- превосходная** степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

**1. -er. -est**

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

**Превосходная степень** образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|
| **cold -** холодный | cold**er -** холоднее | the cold**est -** самый холодный |
| **big -** большой | bigg**er -** больше | the bigg**est -** самый большой |
| **kind -** добрый | kind**er -** добрее | the kind**est -** самый добрый |

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

| Положительная степень | Сравнительная степень | Превосходная степень |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **clever —** умный<br>**easy -** простой<br>**able -** способный<br>**busy -** занятой | clever**er - умнее**<br>eas**ier - проще**<br>abl**er - способнее**<br>bus**ier - более занятой** | **the** clever**est - самый умный**<br>**the** easi**est - самый простой**<br>**the** abl**est - самый способный**<br>**the** busi**est - самый занятой** |

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**

larg**e – larg**er - **the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

**big –** bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

**hot –** hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

**thin –** thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**

**busy –** bus**ier – bus**iest **/ занятой – более занятой – самый занятой**

**easy –** eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

**2. more, the most**

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

| **Положительная степень** | **Сравнительная степень** | **Превосходная степень** |
|---|---|---|
| **beautiful - красивый**<br>**interesting – интересный**<br>**important - важный** | **more beautiful -** красивее<br>**more interesting -** интереснее<br>**more important -** важнее | **the most beautiful -** самый красивый<br>**the most interesting -** самый интересный<br>**the most important -** самый важный |

**Особые формы**

| **Положительная степень** | **Сравнительная степень** | **Превосходная степень** |
|---|---|---|
| **good -** хороший<br>**bad -** плохой<br>**little -** маленький<br>**much/many -** много<br>**far -** далекий/далеко<br>**old -** старый | **better -** лучше<br>**worse -** хуже<br>**less -** меньше<br>**more -** больше<br>**farther/further -** дальше<br>**older/elder -** старше | **the best -** самый лучший<br>**the worst -** самый плохой<br>**the least -** самый маленький, меньше всего<br>**the most -** больше всего<br>**the farthest/furthest -** самый дальний<br>**the oldest/eldest -** самый старый |

**3. less. the least**

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

| **Положительная степень** | **Сравнительная степень** | **Превосходная степень** |
|---|---|---|
| **beautiful –** красивый<br>**interesting -** интересный | **less beautiful -** менее красивый | **the least beautiful –** самый некрасивый |

| | | |
|---|---|---|
| **important -** важный | **less interesting –** менее интересный<br>**less important -** менее важный | **the least interesting –** самый неинтересный<br>**the least important –** самый неважный |

**Другие средства сравнения двух предметов или лиц**

| Конструкция | Комментарий | Примеры |
|---|---|---|
| **As…as (такой же, так же)** | **Для сравнения двух объектов одинакового качества** | He is **as** a strong **as** a lion<br>Он такой же сильный, как лев.<br>She is **as** clever **as** an owl**.**<br>Она такая же умная, как сова. |
| **Not so…as (не такой, как)** | **в отрицательных предложениях** | He is **not so** strong **as** a lion.<br>Он не такой сильный, как лев**.**<br>She is **not so** clever **as** an owl.<br>Она не такая умная, как сова. |
| **The…the (с двумя сравнительными степенями)** | **показывает зависимость одного действия от другого** | **The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся.<br>**The more** I learn this rule **the less** I understand it.<br>Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю. |

**Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:**

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

**Числительное. The numeral**

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

**126 – one hundred twenty six**

**1139 – one thousand one hundred and thirty nine**

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

**НО:** окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **“of”:**

**hundreds <u>of</u> children –** сотни детей

**thousands <u>of</u> birds-** тысячи птиц

**millions <u>of</u> insects –** миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

**20+1=21** (twenty + one = **twenty one**)

**60+7=67** (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

**Как читать даты**

| | |
|---|---|
| **1043** | ten forty-three |
| **1956** | nineteen fifty-six |
| **1601** | sixteen o one |
| **2003** | two thousand three |
| **В 2003 году** | in two thousand three |
| **1 сентября** | the first of September |
| **23 февраля** | the twenty-third of February |

## ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:

224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

***ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)***

***Тематика общения:***

1. Высшее образование в России и за рубежом.
2. Мой вуз.
3. Студенческая жизнь.

***Проблематика общения:***

1. Уровни высшего образования.
2. Уральский государственный горный университет.
3. Учебная и научная работа студентов.
4. Культурная и спортивная жизнь студентов.

***2.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**The Ural State Mining University**

| | |
|---|---|
| **Mining University** – Горный университет;<br>**higher educational institution** - высшее учебное заведение;<br>**to provide** - зд. Предоставлять;<br>**full-time education** - очное образование;<br>**extramural education** - заочное образование;<br>**to award** – награждать;<br>**post-graduate courses** – аспирантура; | **scientific research centre** - центр научных исследований;<br>**master of science** - кандидат наук;<br>**capable** – способный;<br>**to take part in** - принимать участие;<br>**graduate** – выпускник;<br>**to dedicate** – посвящать;<br>**to carry out scientific work** - выполнять научную работу; |

| | |
|---|---|
| **Faculty of Mining Technology** - горно – технологический;<br>**Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический;<br>**Institute of World Economics** – Институт мировой экономики;<br>**Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический;<br>**Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты;<br>**Faculty of City Economy** – городского хозяйства; | **Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики;<br>**Faculty of extramural education** – заочный;<br>**department** – кафедра;<br>**dean** – декан;<br>**to train specialists in** - готовить специалистов;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**preparatory** – подготовительный;<br>**additional** – дополнительный;<br>**to offer** – предлагать; |

| | |
|---|---|
| **to house** - размещать /ся/;<br>**building** – здание;<br>**Rector's office** – ректорат;<br>**Dean's office** – деканат;<br>**department** – кафедра;<br>**library** – библиотека;<br>**reading hall** - читальный зал;<br>**assembly hall** - актовый зал;<br>**layout** - расположение, план;<br>**administrative offices** - административные отделы; | **computation centre** - вычислительный центр;<br>**canteen** – столовая;<br>**to have meals** – питаться;<br>**hostel** – общежитие;<br>**to go in for sports** - заниматься спортом;<br>**wrestling** – борьба;<br>**weight lifting** - тяжелая атлетика;<br>**skiing** - катание на лыжах;<br>**skating** - катание на коньках;<br>**chess** – шахматы; |

| | |
|---|---|
| **academic work** - учебный процесс;<br>**academic year** - учебный год;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**bachelor's degree** - степень бакалавра; | **general geology** - общая геология;<br>**foreign language** - иностранный язык;<br>**to operate a computer** - работать на компьютере; |

| | |
|---|---|
| **course of studies** - курс обучения;<br>**to last** - длиться;<br>**term** - семестр;<br>**to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия;<br>**period** - пара, 2 – х часовое занятие;<br>**break** - перерыв;<br>**subject** - предмет;<br>**descriptive geometry** - начертательная геометрия; | **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен;<br>**to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен;<br>**to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен;<br>**to fail in chemistry** - не сдать химию;<br>**holidays, vacations** - каникулы;<br>**to present graduation paper** - представлять дипломные работы;<br>**for approval** - к защите; |

***The Faculty of Mining Technology*** trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining ) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

***The Institute of World Economics*** trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

***The Faculty of Mining Mechanics*** trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

***The Faculty of Geology & Geophysics*** trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

***2.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

This text is dedicated to the history of the Ural State Mining University formerly called the Sverdlovsk Mining Institute. It was founded in 1917. It is the oldest higher technical educational institution in the Urals. In 1920 the Mining Institute became a faculty of the Ural State University and in 1925 of the Ural Polytechnical Institute. In 1930 this faculty was reorganized into the Mining Institute. The Institute was named after V.V. Vakhrushev the USSR Coal Industry Minister in 1947. It was awarded the Order of the Red Banner of Labour in 1967.

In 1993 the Sverdlovsk Mining Institute was reorganized into The Ural State Academy of Wining and Geology. In 2004 The Ural State Academy of Mining and Geology was reorganized into The Ural State Mining University. The University provides full-time and extramural education in many specialities. There are post graduate courses at the University as well.

The University is an important scientific research center. Many doctors and masters of Science teach and carry out scientific work at the University. Capable students take part in research projects. The graduates of the University work all over the country.

There are six faculties at the Ural State Mining University: Faculty of Mining Technology; Faculty of Mining Mechanics; Faculty of Geology & Geophysics; Faculty of Civil Protection; Faculty of City Economy; Faculty of Extramural Education; and The Institute of World Economics.

Besides there is a Preparatory faculty where young people get special training before taking entrance exams. The Faculty of Additional Education offers an opportunity to get the second higher education.

Each faculty trains mining engineers in different specialities.

There are many specialities at the Faculty of Extramural Education where students have to combine work with studies. Very often the Ural State Mining University organizes training specialists in new modern specialities.

Faculties consist of Departments. Each faculty is headed by the Dean. The head of the Academy is the Rector.

The University is housed in four buildings. Building, One houses - the Rector's office, the Deans' offices, number of administrative offices, Faculty of City Economy, the Faculty or Mining Mechanics with its numerous departments and laboratories (labs).

Building Two houses the Faculty of Mining Technology, Faculty of Civil Protection, the Deans' offices, many departments, labs and the computation centre.

Building Three houses the Faculty of Geology & of Geophysics, the Faculty of Extramural Education, the Dean's offices, many departments and labs. The Ural Geological Museum, the Museum of the History of the Ural State Mining University and some administrative offices are also housed in this building.

Building Four houses The Institute of World Economics, the Dean's office, departments and labs, the library, reading halls, the Assembly hail, the students cultural centre and a large canteen where students can have their meals.

The library and the reading halls provide students with all kinds of reading: textbooks, reference books / справочники/ dictionaries, magazines and fiction/ художественная литература/.

Besides not far from the University there are four five-storied buildings of the student hostel, where most students live. Near the hostels there is a House of Sports. There students can go in for- different kinds of sports: chess, badminton, table tennis, boxing, wrestling, weight lifting, basketball, volleyball, handball.

The Ural State Mining University offers students three different programs of higher education such as: Bachelors, Diplomate Engineers and Magisters.

The course of studies for a bachelor's degree lasts four years. The academic year begins in September and ends in June. It consists of two terms - September to January and February to June. Students attend lectures and practical classes. As a rule, there are three or four periods of lectures and Classes a day with 20 minutes break between them.

During their first two years students take the following subjects: higher mathematics, physics, chemistry, theoretical air-mechanics, descriptive geometry, general geology, mineralogy, geodesy, history, a foreign language (English, French or German). Besides all the students learn to operate a computer.

Students take their tests and exams at the end of each term. After exams students have their holidays or vacations. At the end of the academic year the students of the academy have practical work at mines, mineral dressing plants, geological & geophysical parties. At the end of the final year students present their graduation papers for approval. After getting the Bachelor's degree the graduates have a possibility to continue their education. They can enter a Diplomate Engineer's course or studies

which lasts one academic year or the graduates can take a two-year program of Magister's degree. After defending final papers these graduates can enter the post-graduate courses.

***2.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Образование видовременных форм глагола в активном залоге.

**Образование видовременных форм глагола в активном залоге**

**Present Simple** употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

**Present Continuous** употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],

Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

**Present perfect** употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

**Present perfect continuous** употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.
Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Put the verbs in brackets into the present simple or the present continuous.***

1 A: *Do you know* (you/know) that man over there?
B: Actually, I do. He's Muriel's husband.

2 A: Are you doing anything tomorrow evening?
B: Yes. I … (see) Jack at nine o'clock.

3 A: I … (see) you're feeling better.
B: Yes, I am, thank you.

4 A: What's that noise?
B: The people next door … (have) a party.

5 A: Graham … (have) a new computer.
B: I know. I've already seen it.

6 A: This dress …. (not/fit) me any more.
B: Why don't you buy a new one?

7 A: Your perfume … (smell) nice. What is it?
B: It's a new perfume called Sunshine.

8 A: What is Jane doing?
B: She … (smell) the flowers in the garden.

9 A: What … (you/look) at?
B: Some photos I took during my holidays. They aren't very good, though.

10 A: You … (look) very pretty today.
B: Thank you. I've just had my hair cut.

11 A: I … (think) we're being followed.
B: Don't be silly! It's just your imagination.

12 A: Is anything wrong?
B: No. I … (just/think) about the party tonight.

13 A: This fabric … (feel) like silk.
B: It is silk, and it was very expensive.

14 A: What are you doing?

B: I … (feel) the radiator to see if it's getting warm.

15 A: She … (be) generous, isn't she?
B: Yes, she has never been a mean person.

16 A: He … (be) very quiet today, isn't he?
B: Yes, I think he has some problems.

17 A: Would you like some cherries?
B: Yes, please. I … (love) cherries. They're my favourite fruit.

18 A: I'm sorry, but I … (not understand) what you mean.
B: Shall I explain it again?

19 A: The children are making lots of noise today.
B: I know, but they … (have) fun.

20 A: This cake … (taste) awful.
B: I think I forgot to put the sugar in it!

***2. Fill in the gaps with recently, how long, yet, for, always, ever, already, since, so far or just. Sometimes more than one answer is possible.***

1 A: Has Tom finished his exams ...yet...?
B: No. He finishes them next Thursday.

2 A: … has Janet been working at the hospital?
B: She has been working there … she left school.

3 A: How are you finding your new job?
B: Great. I haven't had any problems … .

4 A: Is John at home, please?
B: No, I'm afraid he's … gone out.

5 A: Have you been waiting long?
B: Yes, I've been here … two hours.

6 A: Has Martin … been to Spain?
B: No. I don't think so.

7 A: Have you spoken to Matthew … ?
B: Yes. I phoned him last night.

8 A: Can you do the washing-up for me, please?
B: Don't worry. Mike has … done it.

9 A: Lucy has … been musical, hasn't she?
B: Yes, she started playing the piano when she was five years old.

10 A: Shall we go to that new restaurant tonight?
B: Yes. I have … been there. It's really nice.

11 A: Your dog's been barking … three hours!
B: I'm sorry. I'll take him inside.

12 A: Have you finished reading that bodk yet?
B: No. I've … started it.

***3. Put the verbs in brackets into the present perfect or continuous, using short forms where appropriate.***

1 A: How long ...*have you known*... (you/know) Alison?
B: We ... (be) friends since we were children.

2 A: Who … (use) the car?
B: I was. Is there a problem?

3 A: What are Andrew and David doing?
B: They … (work) in the garden for three hours.

4 A: Why is Sally upset?
B: She … (lose) her bag.

5 A: I … (always/believe) that exercise is good for you.

B: Of course, it's good to keep fit.

6 A: Emily … (teach) maths since she left university.
B: Yes, and she's a very good teacher, too.

7 A: Fred … (open) a new shop.
B: Really? Where is it?

8 A: This pie is delicious.
B: Is it? I … (not/taste) it yet.

9 A: Have you found your umbrella yet?
B: No, I … (look) for it for an hour now.

10 A: You look exhausted.
B: Well, I … (clean) the windows since 8 o'clock this morning.

11 A: Can I have some more lemonade, please?
B: Sorry, your brother … (just/drink) it all.

12 A: Have you got new neighbours?
B: Yes, they … (just/move) to the area.

***4. Put the verbs in brackets into the present perfect or the present perfect continuous.***

Dear Connie,

I hope you are enjoying yourself at university. I'm sure you 1)...*'ve been studying*... (study) hard. Everything is fine here at home. Billly 2) … (just/receive) his school report. It was bad, as usual. He 3) … (decide) to leave school next year and find a job. Fiona 4) … (go) to the gym every day for the past two weeks. She 5) … (try) to get in shape for the summer. She 6) … (already/plan) her holiday in the sun. Your father 7) … (sell) the old car and he 8) … (buy) a new one. It's lovely — much nicer than the old one.

Anyway, write soon.

Love, Mum

***5. Fill in the gaps with have/has been (to) or have/has gone (to).***

Jack: Hi, Jill. Where's Paul?

Jill: Oh, he 1) ...*has gone to*... London for a few days.

Jack: Really! I 2) … London recently. I came back yesterday. 3) … you … there?

Jill: No, I haven't. Paul 4) … twice before, though. Where's Sarah?

Jack: She 5) … Spain for two weeks with her parents. They 6) … there to visit some friends.

Jill: When is she coming back?

Jack: They'll all be back next weekend.

***6. Choose the correct answer.***

1 'What time does the train leave?'
'I think it ..*A*... at 2 o'clock.'
A leaves
B has been leaving
C has left

2 'Where are Tom and Pauline?'
They … e supermarket.'
A have just gone
B have been going
C go

3 What is Jill doing these days?'
She … for a job for six months.'
A is looking
B has been looking
C looks

4 Is Mandy watching TV?'
No. She … her homework right now.'
A is always doing
B is doing
C does

5 'Have you been for a walk?'
'Yes. I often … for walks in the evenings.'
A have gone
B am going
C go

6 'Have you seen any films lately?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have seen
B am seeing
C see

7 'What … ?'
'It's a piece of cherry pie. Mum made it yesterday.'
A are you eating
B do you eat
C have you eaten

8 'Are you going on holiday this summer?'
'Yes. I … enough money.'
A am saving
B have already saved
C save

9 'Is Todd reading the newspaper?'
'No. He … dinner at the moment.'
A has been making
B makes
C is making

10 'Have you bought any new CDs recently?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have bought
B have been buying
C am buying

11 'What time does the play start?'
'I think it … at 8 o'clock.'
A has been starting
B starts
C has started

12 'Where is Mark?'
'He … to the library to return some books.'
A has gone
B has been
C is going

13 'What … ?'
'It's a letter to my pen-friend. I'm telling her my news.'
A have'you written
B do you write
C are you writing

***7. Underline the correct tense.***

1. Liz and I are good friends. We **know/<u>have known</u>** each other for four years.
2. Sarah is very tired. She **has been working / is working** hard all day.
3. Where is John?' 'He's upstairs. He **does/is doing** his homework.'
4. I can't go to the party on Saturday. I **am leaving/ have been leaving** for Spain on Friday night.
5. Jane **has finished/is finishing** cleaning her room, and now she is going out with her friends.
6. I didn't recognise Tom. He **looks/is looking** so different in a suit.
7. I don't need to wash my car. Jim **washes/has washed** it for me already.
8. Ian **has been talking/is talking** to his boss for an hour now.
9. Claire's train **arrives/has arrived** at 3 o'clock. I must go and meet her at the station.
10. 'Would you like to borrow this book?' 'No, thanks. I **have read/have been reading** it before.'
11. 'Where **are you going/do you go**?' To the cinema. Would you like to come with me?'
12. Have you seen my bag? I **am searching/have been searching** for it all morning.
13. 'Is Colin here?' 'I don't know. I **haven't seen/ haven't been seeing** him all day.'
14. Sophie is very clever. She **is speaking/speaks** seven different languages.
15. We **are moving/have moved** house tomorrow. Everything is packed.

***8. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 Who …*has been using* … (use) my toothbrush?
2 'What … (you/do)?' 'I … (write) a letter.'
3 Samantha … (play) tennis with friends every weekend.
4 Tim and Matilda … (be) married since 1991.
5 Uncle Bill … (just/decorate) the bathroom.
6 Pauline and Tom … (sing) in the school choir twice a week.
7 Who … (you/speak) to?
8 Sarah is very happy. She … (win) a poetry competition.
9 He … (drink) two cups of coffee this morning.
10 My friend … (live) in America at the moment.
11 They … (usually/change) jobs every five years.
12 I … (normally/cut) my hair myself.
13 Linda … (study) in the library for three hours.
14 We … (play) in a concert next weekend.
15 Who … (read) my diary?
16 Tim … (leave) the house at 7 o'clock every morning.
17 … (your mother/work) in a bank?
18 … (you/drink) coffee with your breakfast every day?
19 We … (make) plans for our summer holidays right now.
20 They… (move) house in September.

***9. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 A: What ...*are you doing*... (you/do)?
B: Nothing. I … (just/finish) my lunch.
2 A: Where … (you/be) all morning?
B: I … (clean) my house since 8 o'clock.
3 A: … (you/do) anything next weekend?
B: No, I … (not/make) any plans yet.
4 A: Jane looks great. … (she/lose) weight?
B: Yes, she … (exercise) a lot recently.
5 A: … (be/you) busy right now?
B: Yes, I … (just/start) typing this report.
6 A: Where is Peter?
B: He … (wash) the car at the moment.
7 A: Who … (be) your favourite actor?

B: I … (like) Sean Connery since I was a child.

8 A: … (you/do) your homework yet?

B: Almost; I … (do) it now.

***10. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

Dear Nick,

This is just a short note to tell you I 1) ...*'m arriving/arrive*... (arrive) at the airport at 5 pm on Saturday, 10th December. I 2) … (be) very busy recently, and that's why I 3) … (not/write) to you for a while. I 4) … (plan) this trip for months, so now I 5) … (look forward) to spending some time with you and your family. I 6) … (hope) you will be able to meet me at the airport. Please give my love to your wife and the children.

See you soon,
James

**Past simple** употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn’t use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

**Past continuous** употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

**Past perfect** употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,

They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,

She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous. Which was the longer action in each sentence?***

1. They ...*were cleaning*... (clean) the windows when it …*started*... (start) to rain.
*Cleaning the windows was the longer action.*
2. As he … (drive) to work, he … (remember) that his briefcase was still at home.
3. Melanie … (cook) dinner when her husband … (come) home.
4. I … (hear) a loud crash as I … (sit) in the garden.
5. She … (type) a letter when her boss … (arrive).
6. While the dog … (dig) in the garden, it … (find) a bone.
7. Mary … (ride) her bicycle when she … (notice) the tiny kitten.
8. While I … (do) my homework, the phone … (ring).

***2. A policeman is asking Mrs Hutchinson about a car accident she happened to see yesterday. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.***

P: What 1) ...*were you doing*... (you/do) when you 2) … (see) the accident, madam?
H: I … (walk) down the street.
P: What exactly 4) … (you/see)?
H: Well, the driver of the car 5)… (drive) down the road when suddenly the old man just 5) … (step) in front of him! It 6) … (be) terrible!
P: 8) … (the driver/speed)?
H: No, not really, but the old man 9) … (not/look) both ways before he ... (try) to cross the road.
P: 11) ... (anyone else/see) the accident?
H: Yes, the lady in the post office.
P: Thank you very much.

***3. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.***

**A** As soon as Margaret 1) ...*got*... (get) off the train, she 2) … (pull) her coat around her. Rain 3) … (fall) heavily and a cold wind 4) … (blow) across the platform. She 5) … (look) around, but no one 6)

… (wait) to meet her. She 7) … (turn) to leave when she 8) … (hear) footsteps. A man 9) … (walk) towards her. He 10) … (smile) at her, then he 11) … (say), 'You're finally here.'

**B** George 1) … (pick) up his bag then, 2) … (throw) it over his shoulder. It 3) … (get) dark and he 4) … (have) a long way to go. He wished that he had let someone know that he was coming. It 5) … (start) to rain, and he was feeling cold and tired from the long journey. Suddenly, he 6) … (hear) a noise, then he 7) … (see) two bright lights on the road ahead. A car 8) … (head) towards him. It slowed down and finally 9) … (stop) beside him. A man 10) … (sit) at the wheel. He 11) … (open) the door quickly and 12) … (say) 'Get in, George.'

**C** Andy 1) … (step) into the house and 2) … (close) the door behind him. Everything 3) … (be) quiet. His heart 4) … (beat) fast and his hands 5) … (shake) as he crept silently into the empty house, but he was trying not to panic. He soon 6) … (find) what he 7) … (look) for. He smiled with relief as he put on the clothes. The men who 8) … (follow) him would never recognise him now.

***4. Imagine that you were present when these things happened, then, in pairs, ask and answer questions, as in the example.***

SA: What were you doing when the burglar broke in?
SB: I was watching TV.
SA: What did you do?
SB: I called for help.

1 The burglar broke in.
2 The storm broke.
3 The lights went out.
4 The boat overturned.
5 The earthquake hit.
6 The building caught fire.

***5. Rewrite each person's comment using used to or didn't use to.***

1 Sally - 'I don't walk to work any more.'
*I used to walk to work.*
2 Gordon - 'I've got a dog now.'
3 Lisa - 'I don't eat junk food any more.'
4 Jane - 'I go to the gym every night now.'
5 Paul - 'I'm not shy any more.'
6 Edward - 'I live in a big house now.'
7 Helen - 'I haven't got long hair any more.'
8 Frank - 'I eat lots of vegetables now.'

***6. Choose the correct answer.***

1 'I find it hard to get up early.'
'You ...*3*... to getting up early once you start working.'
A are used
B will get used
C were used
2 'Do you often exercise now?'
'No, but I … to exercise a lot when I was at school.'
A used
B will get used
C am used
3 'Aren't you bothered by all that noise?'
'No, we … to noise. We live in the city centre.'
A were used
B will get used

C are used

4 'Does your sister travel a lot?'
'No, but she … to before she got married.'
A didn't use
B used
C wasn't used

5 'I don't like wearing a suit every day.'
'Don't worry, you … to it very soon.'
A are used
B will get used
C were used

6 'Sandra … to using a computer, but now she enjoys it.'
'It's a lot easier for her now.'
A isn't used
B will get used
C wasn't used

7 'Do you remember the things we … to do when we were kids?'
'Of course I do. How could I forget what fun we had!'
A used
B were used
C got used

8 'Do you like living in the city?'
'Well, I … to it yet, but it's okay.'
A am not used
B wasn't used
C am used

***7. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the correct form. Use each verb twice.***

wash, walk, play, work

1 I used to ...*work*... in a shop, but now I work in an office.
2 I can't concentrate. I'm not used to … in such a noisy office.
3 Tom lived in the country for years. He used to … miles every day.
4 I'm exhausted. I'm not used to … such long distances.
5 Mary used to … her clothes by hand, but now she uses a washing machine.
6 We haven't got a washing machine, so we're used to … our clothes by hand.
7 The children are bored with the bad weather. They're used to … outside.
8 When we were younger, we used to … cowboys and Indians.

***8. Put the verbs in brackets into the past simple or the present perfect.***

**1.** A: Do you know that man?
B: Oh yes. He's a very good friend of mine. I 1) ...*'ve known*... (know) him for about ten years.
A: I think I 2) … (meet) him at a business meeting last month.

**2**. A: Mum 1) … (lose) her purse.
B: Where 2) … (she/lose) it?
A: At the supermarket while she was shopping.

**3.** A: Who was on the telephone?
B: It 1) … (be) Jane.
A: Who is Jane?
B: Someone who 2) … (work) in my office for a few years. She's got a new job now, though.

**4.** A: Who is your favourite singer?
B: Freddie Mercury. He 1) … (have) a wonderful voice.
A: Yes, I agree. He 2) … (enjoy) performing live, too.

***9. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the past perfect continuous.***

read, scream, argue, try, eat, watch

1. Emily was angry. She ...*had been arguing*… with her parents for an hour.
2. Hannah felt sick. She … chocolates all afternoon.
3. Allan had a headache. His baby sister … for half an hour.
4. Emily was frightened. She … a horror film for half an hour.
5. Simon was confused. He … to win the game for hours.
6. John was very tired. He … all night.

***10. Put the verbs in brackets into the correct past tense.***

**A:** On Monday morning, Jo 1) ... *missed*... (miss) the bus and had to walk to school. When she 2) … (arrive), the bell 3) … (already/ring)', and lessons 4) … (start). The children 5) … (work) quietly when Jo 6) … (walk) into the'classroom.

**B:** When Jamie 1) … (get) to the party, a lot of people 2) … (dance) to pop music. Everyone 3) … (wear) jeans and T-shirts. Jamie 4) … (buy) a new suit for the party and he 5) … (wear) that. He 6) … (feel) quite silly because everyone 7) … (look) at him.

**Future simple** употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

**Be going to** употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,

Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
*No. Why?*
*I need to make some photocopies.*

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Tanya Smirnoff is a famous astrologer. She's been invited on a TV show to give her astrological predictions for next year. Using the prompts below, make sentences, as in the example.***
*e.g. An eartyhquake will strike Asia.*

1 earthquake/strike/Asia
2 Tom Murray/win/elections
3 economy/not improve/significantly
4 number of road accidents/increase
5 America/establish/colony/on Mars
6 scientists/not discover/cure for common cold

***2. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the examples.***
SA: Are you going to pay the bill?
SB: Yes, that's what I'm going to do.
SA: Are you going to complain to the manager?
SB: No, that's not what I'm going to do.

1. pay the bill (√)
2. complain to the manager (X)
3. take the skirt back to the shop (√)
4. buy the jumper (√)
5. ask the bank manager for a loan (X)
6. order the food (√)
7. book the airline tickets (X)

***3. Fill in the gaps with the correct form of will or be going to and the verb in brackets.***

1 A: Why are you buying flour and eggs?
B: Because I ...*'m going to make*... (make) a cake.
2 A: I have decided what to buy Mum for her birthday.
B: Really. What … (you/buy) for her?
3 A: Did you ask Jackie to the party?
B: Oh no! I forgot! I … (ask) her tonight.
4 A: Could I speak to Jim, please?
B: Wait a minute. I … (get) him for you.
5 A: What are your plans for the weekend?

B: I … (spend) some time with my friends.

6 A: What are you doing on Friday night?
B: Oh, I … (probably/stay) at home with my family.

7 A: Have you tidied your room yet?
B: No, but I promise I … (do) it this afternoon.

8 A: Look at that boy!
B: Oh yes! He … (climb) the tree.

9 A: Jason is very clever for his age.
B: Yes. He says he … (become) a doctor when he grows up.

10 A: I'm too tired to cut the grass.
B: Don't worry! I (cut) it for you.

***4. Fill in the gaps with shall, will or the correct form of be going to.***

1 A: It's too hot in here.
B: You're right. I ...*will*... open a window.

2 A: … I put the baby to bed, now?
B: Yes, he looks a little tired.

3 A: Have you seen Lucy recently?
B: No, but I … meet her for lunch later today.

4 A: Have you done the shopping yet?
B: No, but I … probably do it tomorrow, after work.

5 A: … we ask Mr Perkins for help with the project?
B: That's a good idea. Let's ask him now.

***5. Replace the words in bold with will/won't or shall I/we, as in the example.***

1 I've asked Paul to talk to the landlord, but he **refuses to** do it.
*I've asked Paul to talk to the landlord, but he won't do it.*

2 **Do you want me** to make a reservation for you?

3 **Can** you call Barry for me, please?

4 **Why don't we** try this new dish?

5 Where **do you want me** to put these flowers?

***6. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.***

SA: *When will you do the gardening?*
SB: *I'll do it after I've done the shopping.*

1 do the gardening / do the shopping
2 post the letters / buy the stamps
3 iron the clothes / tidy the bedroom
4 water the plants / make the bed
5 do your homework / have my dinner
6 pay the bills / take the car to the garage

***7. Put the verbs in brackets into the present simple or the future simple***.

1 A: I'm going to the gym tonight.
B: Well, while you ...*are*... (be) there, I … (do) the shopping.

2 A: … (you/call) me when you … (get) home?
B: Yes, of course.

3 A: As soon as John … (come) in, tell him to come to my office.
B: Certainly, sir.

4 A: I'm exhausted.
B: Me too. I wonder if David … (come) to help tonight.

5 A: Are you going to visit Aunt Mabel this afternoon?

B: Yes, I ... (visit) her before I … (do) the shopping.

6 A: Is George going to eat dinner with us?
B: No, by the time he … (get) home it … (be) very late.

7 A: When … (you/pay) the rent?
B: When I … (get) my pay cheque.

8 A: What are your plans for the future?
B: I want to go to university after I … (finish) school.

9 A: If you … (pay) for dinner, I … (pay) for the theatre.
B: Okay, that's a good idea.

10 A: Can you give this message to Mike, please?
B: Well, I'll try, but I doubt if I … (see) him today.

***8. Put the verbs in brackets into the future simple, the present simple or the present continuous.***

1 A: I ...*am seeing*... (see) Roger at seven o'clock tonight.
B: Really? I thought he was out of town.

2 A: … (you/do) anything on Friday morning?
B: No, I'm free.

3 A: I … (go) to the cinema. There's a new film on. Do you want to come with me?
B: What time … (the film/start)?

4 A: Helen … (have) a party the day after tomorrow. … (you/go)?
B: As a matter of fact, I haven't been invited.

5 A: The new exhibition … (open) on April 3rd and … (finish) on May 31st.
B: I know. I … (go) on the first day.

6 A: Aunt Maggie … (come) to visit us tomorrow.
B: I know. What time … (she/arrive)?

7 A: Excuse me, what time … (the train/leave)?
B: At half past three, madam.

8 A: Michael Jackson … (give) a concert at the Olympic Stadium next week.
B: I know. I … (want) to get a ticket.

9 A: I'm really thirsty.
B: I … (get) you a glass of water.

10 A: Are you looking forward to your party?
B: Yes. I hope everyone … (enjoy) it.

11 A: How old is your sister?
B: She .. (be) twelve next month.

12 A: What are you doing tonight?
B: I … (probably/watch) TV after dinner.

***9. A) Cliff Turner has his own business and it is doing well. He has already decided to expand. Look at the prompts and say what he is going to do, as in the example.***

1. employ more staff

*He's going to employ more staff.*

2. advertise in newspapers and magazines
3. equip the office with computers
4. increase production
5. move to bigger premises
6. open an office abroad

***B) Cliff is always busy. Look at his schedule and say what his arrangements are for the next few days. Make sentences, as in the example.***

Wednesday 12th: fly to Montreal

*He is flying to Montreal on Wednesday.*
Thursday 13th: give an interview to The Financial Times
Friday 14th: have lunch with sales representatives
Saturday 15th: have a meeting with Japanese ambassador
Sunday 16th: play tennis with Carol

***10. ln Pairs, ask and answer the following questions using I (don't) think/expect I will or I hope /'m sure/'m afraid I will/won't, as in the example.***
SA: *Do you think you will pass your exams?*
SB: *I hope I will/I'm afraid I won't.*
1 pass/exams
2 move house
3 take up / new hobby
4 make / new friends
5 start having music lessons
6 have / party on / birthday
7 learn/drive

***ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир)***

***Тематика общения:***

1. Екатеринбург – столица Урала.
2. Общее и различное в национальных культурах.

***Проблематика общения:***

1. Мой родной город.
2. Традиции и обычаи стран изучаемого языка.
3. Достопримечательности стран изучаемого языка.

***3.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

***My town***

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist's/a pharmacy/a drugstore - аптека
a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки

a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна
a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

***3.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**Ekaterinburg – an Industrial Centre**

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant

produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

## The History of Ekaterinburg

The famous Soviet poet V. Mayakovsky called out city "A Worker and a Fighter" and these words most fully reflect the features of Ekaterinburg.

Ekaterinburg is nowadays one of the leading industrial cities of Russia, an administrative & cultural centre of the Sverdlovsk region. It is the capital of the Urals.

Ekaterinburg has sprung up in the upper reaches of the Iset River in the middle part of the Urals Mountains near the border of Europe and Asia. It stretches from North to South for 25 km. and 15 km. from East to West.

The history of our city is very interesting. It was founded at the beginning of the XVIII century as a fortress-factory in connection with the construction of the Urals iron works. The works was constructed under the supervision of Tatishchev, a mining engineer, who was sent to the Urals by Peter the first. It was put into operation in November 1723. This date is considered to be the date of the birthday of city. It was named Ekaterinburg. On the place of the first works there is the Historical Square now.

The town grew and developed as the centre of an important mining area where the mining administration office was located. Ekaterinburg was an ordinary provincial town like many others in Russia before the October Revolution. It had only one theatre, four hospitals, one mining school and not a single higher school.

At the end of the XIX century Ekaterinburg became one of the centres of the revolutionary struggle. Many squares, streets and houses of the city keep the memory of the revolutionary events and the Civil War in the Urals. They are: the 1905 Square, a traditional place of the revolutionary demonstrations of the working people, the rocks "Kamenniye Palatki", a memorial park now, which was the place of illegal meetings of Ekaterinburg workers, the Opera House where the Soviet power was proclaimed in November 8, 1917 and many others.

Ekaterinburg is closely connected with the life and activities of many famous people. Here Y.M. Sverdlov, the leader of the Urals Party organization before the Revolution and the first President of the Soviet state, carried out his revolutionary work. In 1924 Ekaterinburg was renamed in his memory.

The name of such a famous scientist and inventor of the radio as Popov, and the names of such writers as Mamin-Sibiriyak and Bazhov are also connected with Ekaterinburg.

After the October Socialist Revolution the town has changed beyond recognition. It grew quickly in the years of the first five-year plan periods. Nowadays our city is constantly growing and

developing. Modern Ekaterinburg is a city of wide straight streets, multistoried blocks of flats, big shops, beautiful palaces of culture, cinemas, fine parks and squares.

The centre of the city is 1905 Square with the monument to V.I. Lenin and the building of the City Soviet. The main street is Lenin Avenue. The total area of the city is over 400 sq. km. The population is about two million.

In connection with its 250th anniversary and for its outstanding achievements in the development of the national economy of our country Ekaterinburg was awarded the Order of Lenin.

## Ekaterinburg – a Center of Science & Education

Ekaterinburg is one of the largest & most important centers of science & education in our country. The city has 15 higher schools. The oldest of them are the Mining & the Polytechnical Institutes, the Urals State University founded in 1920, the Medical & Pedagogical & many others. Ekaterinburg higher schools train specialists for practically all branches of industry, economy, education & science. The city has a student population of about 80 thousand. Besides, there are many secondary and vocational schools and over 50 technical schools (colleges). The oldest of them is the Mining Metallurgical College named after Polzunov, founded in 1847.

Much important scientific research work is carried on in Ekaterinburg. The Urals Branch of Sciences, now called the Urals Scientific Centre (UNZ), was founded in 1932. Its first chairman was the famous Soviet scientist, mineralogist and geochemist A.E. Fersman. UNZ is the main centre of scientific work now. It contains nine institutes which solve the most important theoretical and practical problems in the field of geology, mining, metallurgy, biology, economy and others.

The city has more than 120 research and designing institutions, among them Uralmechanobr, Unipromed, Nipigormash and others. It is worth mentioning that important scientific and research work is also carried on in educational establishments and at the industrial enterprises of the city, such as the Uralmash, Uralelectrotyazmash and others.

Thousands of research workers, among them 5 academicians, 10 Corresponding members of the Russian Academy of Sciences, many Doctors and Masters of Science are engaged in scientific and research work. Ekaterinburg has contributed greatly to the development of Russian science.

## Ekaterinburg - a Cultural Centre

Ekaterinburg is not only an industrial and educational, but also a large cultural centre. There is a lot to be seen in the city. There are many theatres, cinemas, museums, clubs, libraries, palaces of culture, the Art Gallery and the Circus in it.

The Art Gallery houses a splendid collection of paintings of Russian and Soviet artists such as Repin, Polenov, Levitan, Perov, Slusarev, Burak, Pimenov and many others. Here you will see one of the world famous collections of metal castings made in Kasli and especially a cast Iron pavilion. It was shown in Paris at the World Exhibition and awarded the Highest Prize.

Ekaterinburg is famous for its theaters. They are the Opera & Ballet House, the Drama Theatre, the Musical Comedy, the Children's and Puppet Theatres, the Cinema and Concert Hall "Cosmos". The Opera House was built in 1912. Many famous singers such as S. Lemeshev, I. Koslovsky, I. Arkhipova, B. Shtokolov and many others sang in that theatre. Ekaterinburg has a Philharmonic Society, film and television studios, the Urals Russian Folk Choir which is well known both at home and abroad.

There are many museums in the city: the Museum of Local Studies, the Sverdlov Museum, the Museum of Mamin-Sibiriyak, the Bazhov Museum, the Museum of Architecture. But the Urals Geological Museum is the most famous one. It is a real treasure-house of the Urals riches. The museum was opened in 1937.

Ekaterinburg is a green city with its squares, gardens and parks. The largest and the best of the parks is the Central Park of Culture and Rest. The Central Square of the City is the 1905 Square. Besides, there are some others: the Labor Square, one of the oldest of the city, located in front of the House of Trade Unions, the Komsomolskaya Square with the monument to the Urals Komsomol, the Paris Commune Square with the monument to Y.M. Sverdlov.

There are lots of monuments in the city. They are: the monument dedicated to the students and teachers of the Urals Polytechnical Institute who perished in the Great Patriotic War, the monument to the Urals Tank Corps, the monuments to Bazhov, Popov, Ordjonikidze, Malishev and many others.

There are a lot of places of interest in our city. Any visitor who comes to our city is invited to take sightseeing around it. We will be shown the historical places such as the rocks "Kamenniye Palatki", the Pupils' Creation Palace, the Historical Square, the 1905 Square.

There are several memorials to those who gave their lives in the struggle against fascism, the obelisk in the Square of Communards with the eternal flame. Such famous places of interest at the city pond with granite-lined embankment, the Palace of Youth, the lake Shartash, the Uktus Mountains and some others are most popular with the citizens of Ekaterinburg as well as with its visitors.

Ekaterinburg is a city of sports. There are a lot of sports grounds, stadiums, sports halls and a beautiful Palace of Sport in it. Ekaterinburg is often called the Winter Sports Capital. All sorts of important skiing & skating events are held in the Uktus Mountains.

***Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland**

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern

monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

***3.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Модальные глаголы и их эквиваленты.
2. Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге.
3. Основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь.

**Модальные глаголы**

| **Глаголы** | **Значение** | **Примеры** |
|---|---|---|
| **CAN** | физическая или умственная возможность/умение | I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать. |
| | возможность | You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play football in the street. – На улице нельзя играть в футбол. |
| | вероятность | They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент. |
| | удивление | Can he have said that? – Неужели он это сказал? |
| | сомнение, недоверчивость | She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала. |
| | разрешение | Can we go home? — Нам можно пойти домой? |
| | вежливая просьба | Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час? |
| **MAY** | разрешение | May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу? |
| | предположение | She may not come. – Она, возможно, не придет. |
| | возможность | In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей. |
| | упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)** | You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать. |
| **MUST** | обязательство, необходимость | He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги. |
| | вероятность (сильная степень) | He must be sick. — Он, должно быть, заболел. |
| | запрет | Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке. |
| **SHOULD OUGHT TO** | моральное долженствование | You ought to be polite. – Вы должны быть любезными. |
| | совет | You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу. |
| | упрек, запрет | You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт. |
| **SHALL** | указ, обязанность | These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых |

| | | |
|---|---|---|
| | | обстоятельствах. |
| | угроза | You shall suffer. — Ты будешь страдать. |
| | просьба об указании | Shall I open the window? – Мне открыть окно? |
| **WILL** | готовность, нежелание/отказ | The door won't open. — Дверь не открывается. |
| | вежливая просьба | Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной? |
| **WOULD** | готовность, нежелание/отказ | He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос. |
| | вежливая просьба | Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной. |
| | повторяющееся/привычное действие | We would talk for hours. – Мы беседовали часами. |
| **NEED** | необходимость | Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать? |
| **NEEDN'T** | отсутствие необходимости | She needn't go there. — Ей не нужно туда идти. |
| **DARE** | Посметь | How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить? |

| **Модальные единицы эквивалентного типа** | | |
|---|---|---|
| **to be able (to) = can** | Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент | She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию). |
| **to be allowed (to) = may** | Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения | My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице). |
| **to have (to)=** ought, must, should | Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах | They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело). |
| **to be (to)=** ought, must, should | Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д. | We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника |

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Rephrase the following sentences using must, mustn't, needn't, has to or doesn't have to.***

1 **You aren't allowed** to park your car in the college car park.

*...You mustn't park your car in the college car park...*

2 **I strongly advise** you to speak to your parents about your decision.

3 **It isn't necessary** for Emma to attend tomorrow's staff meeting.

4 **Jack is obliged** to wear a suit and a tie at work because the manager says so.

5 **I'm sure** Antonio is from Milan.

6 **It's necessary** for Roger to find a job soon.

7 **It's forbidden** to use mobile phones inside the hospital.

8 Susan **is obliged to** work overtime because her boss says so.

***2. Rephrase the following sentences using didn't need to or needn't have done.***

1 It wasn't necessary for him to wash the car. It wasn't dirty.

*…He didn't need to wash the car…*

2 It wasn't necessary for her to buy so many oranges, but she did.

3 It wasn't necessary for us to take an umbrella. It wasn't raining.

4 It wasn't necessary for us to turn on the light. It wasn't dark.

5 It wasn't necessary for him to call me today, but he did.
6 It wasn't necessary for you to make sandwiches for me, but you did.
7 It wasn't necessary for them to make reservations at the restaurant, but they did.

***3. Rewrite the sentences using the word in bold.***

1 It isn't necessary for Mark to buy new clothes for the reception.
**need** ...*Mark doesn't need to/needn't buy new clothes for the reception…*
2 You aren't allowed to pick these flowers. **must**
3 Sarah is obliged to type her compositions at university. **has**
4 It wasn't necessary for Paula to make the beds. **need**
5 It is your duty to obey the law. **must**
6 It wasn't necessary for Bob to wait for me, but he did. **need**
7 It is forbidden to throw litter on the beach. **must**
8 I'm sure Ronald is at home. **must**
9 It wasn't necessary for Alice to bake a cake for the party. **need**
10 It wasn't necessary for George to stay at work late last night, but he did. **have**

***4. Fill in the gaps with an appropriate modal verb.***

1 A: ... *May/Can/Could*... I borrow your pen, please?
B: No, you … .I'm using it.
2 A: I'm bored. What shall we do?
B: We … go for a walk.
A: No, we … because it's raining.
B: Let's watch a video, then.
3 A: My parents told me I … go to the party tonight.
B: Never mind, I … go either. We … stay at home together, though.
4 A: Sir, … .I speak to you for a moment, please?
B: Certainly, but later today; I'm busy now.
5 A: Excuse me?
B: Yes?
A: … you tell me where the post office is, please?
B: Certainly. It's on the main road, next to the school.
6 A: Is anyone sitting on that chair?
B: No, you … take it if you want to.

***5. Choose the correct answer.***

1 " Todd was a very talented child.'
I know. He ..*B*... play the piano well when he was seven.'
A couldn't B could C can
2 I've just taken a loaf out of the oven.
Oh, that's why I … smell fresh bread when I came home.
A was able to B can't C could
3 'How was the test?'
Easy. All the children … pass it.'
A were able to B could C can't
4 What are you doing this summer?'
'I hope I'll … go on holiday with my friends.'
A could B be able to C can

***6 Rewrite the sentences using the words in bold.***

1 Do you mind if I leave the door open for a while?
**can** ...*Can I leave the door open for a while?*...

2 You're obliged to take notes during the lecture. **have**
3 I'm sorry, but you aren't allowed to enter this room. **must**
4 Jack managed to unlock the door. **able**
5 It wasn't necessary for Ann to cook dinner, but she did. **need**
6 Let's play a game of chess. **could**
7 I'm certain Sarah is bored with her work. **must**
8 I strongly advise you to take up sport. **must**
9 I'm certain Liz isn't interested in your ideas. **can**
10 You may take the car tonight if you want. **can**

***7. Study the situations and respond to each one using an appropriate modal verb.***

1 You want to go on holiday with your friends this year. Ask your parents for **permission.**
*...Can I go on holiday with my friends this year?...*
2 You are at a job interview. You type fast, you use computers and you speak two foreign languages. Tell the interviewer about your **abilities**.
3 Your brother is trying to decide what to buy your mother for her birthday. You **suggest** a box of chocolates.
4 Your jacket is dirty and you want to wear it next week. It is **necessary** to take it to the dry cleaner's.
5 You want to have a day off work next week. Ask for your boss' **permission.**
6 You are in the car with your uncle. It's hot and you want him to open the window. Make a **request.**
7 Your mother is going to the shops. She asks you if you want anything. You tell her it **isn't necessary** to get anything for you.

***8. Complete the sentences using must or can't.***

1 I'm certain they go to bed early on Sunday nights. They …*must go to bed early on Sunday nights…*
2 I'm sure John didn't stay late at the office. John ...*can't have stayed late at the office…*
3 I'm certain he hasn't arrived yet. He …
4 I'm certain they are working together. They …
5 I'm sure Amy hasn't finished her homework. Amy …
6 I'm certain she was having a bath when I rang. She …
7 I'm sure he hasn't won the prize. He …
8 I'm sure she is looking for a new house. She …
9 I'm certain Paul didn't invite Linda to the party. Paul …
10 I'm certain you have been planning the project. You …
11 I'm sure she was writing a letter. She …
12 I'm certain they hadn't paid the bill. They …
13 I'm sure he had been fixing the pipe. He …

***9. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.***

1 Perhaps Laura has left the phone off the hook. ...*Laura may/might/could have left the phone off the hook…*
2 Surgeons are obliged to scrub their hands before operating on patients.
3 Do you mind if I open the window?
4 It wasn't necessary for Peter to wash the dog, so he didn't.
5 Emily managed to reach the top shelf, even though she didn't have a ladder.
6 It's forbidden to copy files without the manager's permission.
7 Why don't we spend this evening at home?
8 I'm certain Patrick misunderstood my instructions.
9 I'm sure Helen didn't know about her surprise party.

**10. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.**

1 Perhaps they are at work.

They ...*may/might/could be at work*…

2 Perhaps he is waiting outside. He …

3 It's possible she will work late tonight. She …

4 It's likely he was driving too fast. He …

5 It's possible they made a mistake. They …

6 Perhaps he has missed the bus. He …

7 It's possible she has been playing in the snow. She …

8 It's likely we will be leaving tomorrow. We …

9 It's likely he will stay there. He …

10 Perhaps she had been trying to call you. She …

11 It's likely they had seen the film already. They …

12 It's possible he is studying in the library. He …

## Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

### Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

**Прямой пассив (The Direct Passive)**

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.

My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:

Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

**Косвенный пассив (The Indirect Passive)**

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.

б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить

to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять

to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить

to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать

to teach учить to tell сказать и др.

Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.

Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)

A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:

John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.

The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):

He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать

to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать

to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

**Употребление Страдательного залога**

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия ( 70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:

He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:

The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:

The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:

The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)

The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:

The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:

The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:

He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

**Перевод глаголов в форме Passive**

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:

I am invited to a party.

Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):

Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.

Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.

I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:

The experiments were made last year.

1) Опыты были проведены в прошлом году.

2) Опыты проводились в прошлом году.

3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said… Говорят… It was said… Говорили…

It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…

It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. What happens to a car when it is taken for a service? Look at the prompts and make sentences using the present simple passive, as in the example.***

1. the oil / change

*The oil is changed.*

2. the brakes / test

3. the filters / replace

4. air / put / in the tyres

5. the battery / check

6. the lights / test
7. broken parts / repair
8. it / take / for a test drive
9. the radiator / fill / with water

***2. Mr Sullivan, who is a director, is preparing a scene for his new film. Read the orders and respond using the present continuous passive, as in the example.***

1. Move that scenery, please.
*It's being moved now, Mr Sullivan.*
2. Put those props in place, please.
3. Call the actors, please.
4. Check their costumes, please.
5. Turn on the lights, please.

***3. Detective Maguire is talking to a police officer about a burglary which happened early yesterday morning. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example***

1. Have you dusted the house for fingerprints yet?
the house / dust / for fingerprints yesterday
*Yes, the house was dusted for fingerprints yesterday.*
2. Have you found any evidence yet?
a piece of material / find / this morning
3. Have you interviewed the house owners yet?
they / interview / last night
4. Have you questioned the neighbours yet?
they / question / this morning
5. Have you arrested any suspects yet?
two men / arrest / yesterday evening
6. Have you interrogated the suspects yet?
they / interrogate / last night
7. Have you recovered the stolen goods yet?
they / recover / this morning
8. Have you written your report yet?
it / complete / an hour ago

***4. Helen and Chris moved house two years ago. Yesterday, they drove past their old house and saw that it looked very different. Describe the changes using the present perfect simple passive, as in the example.***

1. the outside walls / paint
*The outside walls have been painted.*
2. new windows / put in
3. a garden pond / make
4. the trees / cut down
5. a lot of flowers / plant
6. the old gate / replace

***5. A young actress is hoping to star in a new film. Her friend is asking her what is going to happen. Respond to her questions using the passive infinitive, as in the example.***

1. Will they audition you for the new film?
*Well, I hope to be auditioned.*
2. Will they give you a leading role?
3. Will they pay you a lot of money?
4. Will they send you to Hollywood?

5. Will they introduce you to all the stars?
6. Will they ask you to give a TV interview?
7. Will they give you an award?

***6. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.***

1. A: Who looks after your garden for you?
B: It ...*is looked after*... (look after) by my brother.
2. A: That's a beautiful dress. Where did you buy it?
B: Actually, it … (make) for me by my aunt.
3. A: Have you typed that letter yet, Miss Brown?
B: It … (type) right now, sir.
4. A: Did you make the coffee when you got to work this morning?
B: No, it …. (already/make) by the time I got there.
5. A: Are you going to pick up the children today?
B: No, they … (pick up) by Roger. I've already arranged it.
6. A: Where is your watch?
B: I broke it. It … (repair) at the moment.
7. A: Has the new furniture for my bedroom arrived?
B: No, it … (not/deliver) yet.
8. A: They are building a new sports centre in town.
B: I know. It … (open) by the mayor next month.

***7. Rewrite the sentences in the passive, where possible.***

1. John opened the door.
...*The door was opened by John.*
2. They didn't come home late last night.
...*It cannot be changed.*
3. Their nanny takes them to the park every day.
4. I left very early yesterday afternoon.
5. Meg asked the policeman for directions.
6. Charles is moving house next month.
7. The letter arrived two days ago.
8. Sam took these photographs.

***8. Fill in by or with.***

1. The lock was broken ...*with*... a hammer.
2. This book was written … my favourite author.
3. The cake was decorated… icing.
4. The tiger was shot … a gun.
5. Claire was shouted at … her teacher.
6. He was hit on the head … an umbrella.

***9. Rewrite the sentences in the passive.***

1. Someone is repairing the garden fence.
...*The garden fence is being repaired*....
2. Do they teach Latin at this school?
3. I don't like people pointing at me.
4. She hit him on the head with a tennis racquet.
5. Michael has made the preparations.
6. Is Tim cleaning the house?
7. Who built the Pyramids?
8. The boss is going to give us a pay rise.

9. I expect they will deliver my new car soon.
10. The police are questioning the suspects.
11. Did your next door neighbours see the thieves?
12. Paul remembers his teacher asking him to star in the school play.
13. A lot of children use computers nowadays.
14. Who smashed the kitchen window?
15. They won't have completed the work by the end of the month.
16. The children will post the letters.
17. People make wine from grapes.
18. Had Helen closed the windows before she left the house?
19. Jill hasn't done the housework yet.
20. They may not deliver the parcel today.

***10. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.***

A: Do you still work at Browns and Co?
B: Yes, I do. I 1) ...*have been employed*... (employ) by Mr Brown for five years now, you know.
A: Oh. Do you still enjoy it?
B: Oh yes! I 2) … (give) a promotion last year and I'm very happy.
A: A promotion? So, what is your job now?
B: I 3) … (make) Head of European Sales.
A: So, what do you do?
B: Well, sometimes I 4) … (send) to other countries on business.
A: I see. Do they pay you well?
B: Well, I 5) … (pay) quite well and I expect I 6) … (give) a pay rise soon.
A: Good for you!

**Согласование времен (Sequence of Tenses)**

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

***Правило 1:*** Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

***Правило 2:*** Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

| Переход из одного времени в другое | Примеры | |
|---|---|---|
| Present Simple » Past Simple | He **can speak** French – Он говорит по-французски. | Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски. |
| Present Continuous » Past Continuous | They **are listening** to him – Они слушают его | I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его. |
| Present Perfect » Past Perfect | Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему. | Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему. |

| | | |
|---|---|---|
| Past Simple » Past Perfect | I **invited** her – Я пригласил ее. | Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я пригласил ее. |
| Past Continuous » Past Perfect Continuous | She **was crying** – Она плакала | John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала. |
| Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous | It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час. | He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь. |
| Future Simple » Future in the Past | She **will show** us the map – Она покажет нам карту. | I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту. |

***Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.***

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

**Перевод прямой речи в косвенную в английском языке**

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

***3. Согласовываем время***

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

***4. Меняем некоторые слова***

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

**Вопросы в косвенной речи в английском языке**

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

***He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»***

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

***He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.***

Давайте рассмотрим еще один пример:

***She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»***

***She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.***

**Специальные вопросы в косвенной речи**

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

***She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»***

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

***She said when I would come. Она сказала, когда я приду.***

***He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»***

***He asked where she worked. Он спросил, где она работает.***

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Fill in the gaps with the correct pronoun or possessive adjective.***

1. James said, 'My boss wants me to go to London tomorrow.'
James said ...*his*... boss wanted to go to London the following day.
2. Mary said, 'I'm waiting for my son to come out of school.'
Mary said that … was waiting for … son to come out of school.
3. George said, 'I've bought a new car for my mum.'
George said … had bought a new car for … mum.
4. Julie said to me, 'I need you to help me with the shopping.'
Julie told me that … needed … to help … with the shopping.
5. John said, 'I'd like to take you out to dinner.'
John said … 'd like to take … out to dinner.
6. Helen said to Jane, 'I think your new haircut is lovely.'
Helen told Jane that … thought … new haircut was lovely.

***2. Turn the following sentences into reported speech.***

1. Robin said, These biscuits taste delicious.' ...
*Robin said (that) the biscuits tasted delicious....*

2. “I can't see you this afternoon because I've got a lot to do,' Ann told me.
3. She came into the room holding some letters in her hand and said, 'I found these while I was tidying the desk drawers.'
4. Fiona said, That picture was painted by my great-grandfather.'
5. “Those were good times for my family,' Jack said.
6. 'I received a parcel this morning, but I haven't opened it yet,' Tom said.
7. "You mustn't do that again,' Mum said to Bob.
8. “These shoes are worn out. You'd better throw them away,' Mum said to me.

***3. Turn the following sentences into reported speech.***

1 He said, 'I'm going to the station.'

*...He said (that) he was going to the station....*

2 Tina said, 'You should exercise regularly.'
3 They said, 'We had booked the room before we left.'
4 Tom said, This meal is delicious.'
5 'I've written you a letter,' she said to her friend.
6 'We've decided to spend our holidays in Jordan,' they told us.
7 Jill said, “I’ll go to the bank tomorrow.'
8 She said to him, 'We've been invited to a wedding.'
9 She told me, 'You must leave early tomorrow.'
10 They've gone out for the evening,' Jessie said to me.
11 They said, 'We may visit Joe tonight.'
12 She said, 'I can meet you on Tuesday.'
13 Keith said, There is a letter for you on the table.'
14 'We won't be visiting Tom this evening,' Sam told us.
15 Eric said, They had been talking on the phone for an hour before I interrupted them.'
16 'I haven't spoken to Mary since last week,' Gloria said.
17 They delivered the letters this morning,' she said.
18 He said, 'I'd like to buy this jumper.'
19 They aren't going on holiday this year,' he said.
20 Jane said, 'I haven't finished my homework yet.'
21 'I'm going to bed early tonight,' Caroline said.
22 'My mother is coming to visit us,' I said.
23 'We don't want to watch a film tonight,' the children said.
24 'He's playing in the garden now,' his mother said.
25 She said, 'You must do your homework now.'

***4. Turn the sentences into reported speech. In which of the following sentences do the tenses not change? In which do they not have to be changed? Why?***

1 The article says, “The artist only uses oil paints.'

*...The article says (that) the artist only uses oil paints....*

*... The tenses do not change because the introductory verb is in the present simple....*

2 'They are working hard today,' he said.
3 'I've done the things you asked me to do,' Mary said.
4 The sun rises in the east,' she said.
5 'He broke the window,' they said.
6 'We've never been on holiday abroad,' they said.
7 Mum says, 'Dinner is ready.'
8 “I’ll start cooking at six o'clock,' she said.
9 'We went to the supermarket yesterday,' he said.
10 Mrs Jones says, 'My daughter is going to have a baby.'
11 'You're never going to get a job,' Dad always says.

12 'Fish live in water,' he said.
13 'We went to the beach last weekend,' they said.
14 'He showed me his photographs,' she said.
15 'I'm working on my project now,' Billy said.

***5. Turn the following sentences into reported speech.***

1 'Seaweed grows in the sea,' the teacher said to the students.

*...The teacher said to the students/told the students (that) seaweed grows/grew in the sea....*

2 'I saw Amanda at the cinema,' she said, (up-to-date reporting)
3 They don't live here any more,' he said to me. (out-of-date reporting)
4 "Canada is a large country,' he said.
5 The Statue of Liberty is in America,' she said to us
6 “I’ll help you with your homework,' he said, (out-of-date reporting)
7 'I would go on holiday if I had enough money,' Bill said, (up-to-date reporting)
8 'If I'm free, I'll call you,' Tom said, (up-to-date reporting)
9 'You should make a decision,' he said to us.
10 'You can ask John for advice,' she said, (up-to-date reporting)

***6. Turn the following into reported questions.***

1 'Where do you live?' I asked her.

*...I asked her where she lived....*

2 'How old will you be on your next birthday?" he asked me.
3 'Where is your umbrella?' she asked her daughter.
4 'Do you like playing football?' John asked us.
5 The boss asked, 'What time are you going home today?'
6 'Will you take the children to school today?' he asked.
7 'Who called you today?' she asked.
8 'When will you decorate the kitchen?' Martha asked.
9 'Who broke my vase?' I asked.
10 Father asked, 'Will you help me lift these boxes, please?'
11 'Can you speak a foreign language?' she asked her.
12 'Where is the tourist information centre?' we asked.

***7. Yesterday, Marion met a couple who were on holiday in London. They were looking at a map. She asked them some questions. Turn them into reported questions.***

1 'Are you lost?'

*...Marion asked them if/whether they were lost....*

2 'Can you speak English?'
3 'Where are you from?'
4 'Is your hotel near here?'
5 'Where do you want to go?'
6 'Were you looking for Big Ben?'
7 'Have you been to the British Museum?'
8 'Have you visited Buckingham Palace?'
9 'Do you like London?'

***8. Fill in the gaps with the introductory verbs in the list in the correct form.***

order, tell, ask, beg, suggest

1 'Please visit me in hospital,' Joan said to Colin.

Joan ...*asked*... Colin to visit her in hospital.

2 'Let's eat out this evening,' Paul said to her.

Paul … eating out that evening.

3 'Please, please be careful,' she said to him.
She … him to be careful.
4 'Don't go near the fire,' Dad said to us.
Dad … us not to go near the fire.
5 'Be quiet!' the commander said to the troops.
The commander … the troops to be quiet

***9. Turn the following sentences into reported speech.***

1 'Let's try the exercise again.'
*The ballet teacher suggested trying the exercise again.*
2 'Lift your leg higher please, Rachel.'
3 'Turn your head a little more.'
4 'Don't lean back.'

***10. Turn the following sentences into reported speech.***

1 The doctor said to the patient, 'Come back to see me again next week.'
*... The doctor told the patient to go back and see him again the following week/the week after.*
2 The guard said to the driver, 'Stop!'
3 He said, 'Shall we go for a walk?'
4 She said to him, 'Please, please don't leave me!'
5 Jenny said to Dave, 'Please help me with this
6 She said to him, 'Open the window, please.'
7 Mother said, 'How about going for a drive?'
8 She said, 'Let's eat now.'

***ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)***

***Тематика общения:***

1. Избранное направление профессиональной деятельности.

***4.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**My speciality**

**The Earth's Crust and Useful Minerals**

**cause** - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

**clay** - *n* глина; глинозем

**consolidate** - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

**crust** - *n* кора; *геол.* земная кора

**decay** - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

**derive** - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

**destroy** - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

**dissolve** v растворять

**expose** - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение

**external** - *a* внешний

**extrusive** - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

**force** - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

**glacier** - *n* ледник, глетчер

**grain** - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый

**gravel** - *n* гравий, крупный песок

**internal** - *a* внутренний

**intrusive** - *a* интрузивный, плутонический

**iron** - *n* железо

**layer** - *n* пласт

**like** - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

**lime** - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

**loose** - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

**make up** - v составлять; *n* состав *(вещества)*

**particle** - *n* частица; включение

**peat** - *n* торф; торфяник

**represent** - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

**rock** – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

**sand** - *n* песок

**sandstone** - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

**sediment** - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

**schist** - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый

**shale** - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец

**siltstone** - *n* алеврит

**stratification** - *n* напластование, залегание

**stratify** - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

**substance** - *n* вещество, материал; сущность

**thickness** - *n* толщина, мощность

**value** - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*

**vary** - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

**contain** - v содержать *(в себе),* вмещать

**crack** - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

**contract** - v сжиматься; сокращаться

**dust** - *n* пыль

**expand** - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

**fissure** - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

**fracture** - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

**freeze** - *v* замерзать; замораживать; застывать

**gradual** - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

**hard** - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

**hole** - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

**influence** - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

**lateral** - *a* боковой

**occur** - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

**penetrate** - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

**phenomenon** - *n* явление; *pi* **phenomena**

**pressure** - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

**rate** - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

**refer** - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

**resist** - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

**size** - *n* размер; величина; класс *(угля)*

**solution** – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

**succession** – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

**undergo** (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

**uniform** – *a* однородный; одинаковый

**weathering** - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

**to be subjected to** подвергаться

## Rocks of Earth's Crust

**abyssal** - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

**adjacent** - *a* смежный, примыкающий

**ash** - *n* зола

**belt** - *n* пояс; лента; ремень

**body** - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

**common** - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

**cool** - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

**dimension** - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

**dust** - *n* пыль

**dyke** – *n* дайка

**extrusion** - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

**fine** - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь

**flow** - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
**fragmentary** - *a* обломочный, пластический
**glass** - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
**gold** - *n* золото
**inclined** - *a* наклонный
**mica** - *n* слюда
**permit** - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
**probably** - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
**shallow** - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
**sill** - *n* силь, пластовая интрузия
**stock** - *n* шток, небольшой батолит
**vein** - *n* жила, прожилок, пропласток
**band** - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
**cleave** - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
**constituent** - *n* составная часть, компонент
**define** - *v* определять, давать определение
**distribute** - v **(among)** распределять (между); раздавать;
**disturb** - *v* нарушать; смещать
**excess** - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
**flaky** - *a* слоистый; похожий на хлопья
**fluid** - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
**foliate** - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
**marble** - *n* мрамор
**mention** - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
**plate** - *n* пластина; полоса *(металла)*
**pressure** - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
**relate** - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
**run (ran, run)** - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
**schistose** - *a* сланцеватый; слоистый
**sheet** - *n* полоса
**slate** - *n* сланец; *syn* **shale**
**split (split)** - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
**trace** - *n* след; **tracing** – *n* прослеживание
**at least** по крайней мере
**to give an opportunity** (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
**in such a way** таким образом

## Fossil Fuels

**accumulate** - v накапливать; скопляться
**ancient** - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
**associate** - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
**burn (burnt)** - v сжигать; гореть; жечь
**charcoal** - *n* древесный уголь
**convenient** - *a* удобный, подходящий
**crude** - *a* сырой, неочищенный
**dig (dug)** - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
**divide** - v делить; (from) отделять; разделять
**evidence** - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
**fossil** - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость

**heat** - v нагревать; *n* теплота

**liquid** - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

**manufacture** - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

**mudstone** - *n* аргиллит

**purpose** - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

**shale** - *n* глинистый сланец

**the former … the latter** - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

**bench** - *n* слой, пачка *(пласта)*

**blend** - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

**combustion** - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

**continuity** - *n* непрерывность, неразрывность

**domestic** - *a* внутренний; отечественный

**estimate** - v оценивать; *n* оценка; смета

**fault** - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

**fold** - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

**inflame** - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

**intermediate** - *a* промежуточный; вспомогательный

**liable** - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

**luster** - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий

**matter** - *n* вещество; материя

**moisture** - *n* влажность, сырость; влага

**parting** - *n* прослоек

**plane** - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

**rank** - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

**regular** - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

**similar** - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

**smelt** - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

**store** - v запасать, хранить на складе; вмещать

**strata** - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

**thickness** - *n* мощность *(пласта, жилы)*

**uniform** - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

**utilize** - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

**volatile** - *a* летучий, быстро испаряющийся

## Prospecting and Exploration

**aerial** - *a* воздушный; надземный

**certain** - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

**cost** - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

**crop** - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

**dredging** - *n* выемка грунта; драгирование

**drill** - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

**drive (drore**, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

**evidence** – *n* основание; признак(и); свидетельства

**expect** - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

**explore** - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

**galena** - *n* галенит, свинцовый блеск

**indicate** - v указывать, показывать; служить признаком; означать

**lead** - *n* свинец

**look for** - v искать

**open up** - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

**panning** - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

**processing** - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

**prove** - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

**search** - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

**sign** - *n* знак, символ; признак, примета

**store** - v хранить, накапливать *(о запасах)*

**work** - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

**adit** - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

**angle** - *n* угол

**approximate** - *a* приблизительный

**bit** - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

**borehole** - *n* скважина, буровая скважина

**crosscut** - *n* квершлаг

**dip** - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

**enable** - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

**exploit** - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

**measure** - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

**overburden** - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

**pit** - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

**reliable** - *a* надежный; достоверный

**rig** - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

**sample** - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

**section** - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

**sequence** - *n* последовательность; порядок следования; ряд

**sink (sank, sunk)** - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

**slope** - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

**steep** - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

**strike** - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

**trench** - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

**to make use (of)** использовать, применять

**to take into consideration** принимать во внимание; *syn* **take into account**

## General Information on Mining

**access** - *n* доступ

**affect** - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

**barren** - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

**chute** - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

**compare** - v (with) сравнивать, проводить параллель

**contribute** - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

**cross-section** - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

**develop** - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

**drift** - *n* штрек, горизонтальная выработка

**ensure** - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

**face** - *n* забой; лава

**floor** - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

**govern** - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

**inclination** - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

**incline** - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

**inclined** - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

**level** - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

**recover** - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

**remove** - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

**rib** - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

**roof** - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

**shaft** - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

**tabular** - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

**waste** - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

**well** - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

**capital investment** - капитальные вложения

**gate road** - промежуточный штрек

**in bulk** - навалом, в виде крупных кусков

**metal-bearing** - содержащий металл

**production face/working** - очистной забой

**productive mining** - эксплуатационные работы

**in view of** - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

**with a view to** - с целью

**advantage** - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

**caving** - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

**deliver** - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

**entry** - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

**giant** - *n* гидромонитор

**gravity** - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

**haul** - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

**longwall** - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

**lose (lost)** - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

**pillar** - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

**predominate** - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

**protect** - v охранять, защищать

**reach** - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

**satisfy** - v удовлетворятъ(ся)

**shield** - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

**room** - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

**stowing** - *n* закладка *(выработанного пространства)*

**method of working** система разработки

**the sequence of working the seams** - последовательность отработки пластов

**goaf** — завал; обрушенное пространство

**double-ended drum bearer** — комбайн с двойным барабаном

**to identify** — опознавать

**appraisal** — оценка

**susceptibility** — чувствительность

**concealed** — скрытый, не выходящий на поверхность

**crusher** — дробилка

**concentration** — обогащение

**blending** — смешивание; составление шихты

**screen** — сортировать (обыден. уголь); просеивать

**froth floatation** — пенная флотация

**core drilling** — колонковое бурение

**to delineate** — обрисовывать, описывать

**lender** — заимодавец

**feasibility** — возможность

**in situ mining** — повторная разработка месторождения в массиве

**screening** — просеивание; грохочение

**processing** — обработка, разделение минералов

## Mining and Environment

**break** v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

*(руды .или породы);* расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

**drill** - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

**dump** -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

**dumper** опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

**environment** - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

**explode** - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

**friable** - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

**handle** - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

**heap** - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

**hydraulicklng** - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

**load** - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

**lorry** - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

**mention** - v упоминать

**overcasting** - *n* перелопачивание *(породы)*

**pump** - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

**reclamation** - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

**sidecastiag** - *n* внешнее отвалообразование

**site** - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

**slice** - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

**strip** - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

**unit** - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

**washery** - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

**to attract smb's attention** привлекать чье-л. внимание

**backhoe** - *n* обратная лопата

**blast** - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

**block out** - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

**clearing** - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

**crash** - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

**earth-mover** - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

**excavator** - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket ~** многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

**grab** - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

**grabbing** - погрузка грейфером; захватывание

**hoist** - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

**plough** - *n* струг

**power shovel** - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

**range** - *n* колебание в определенных пределах

**rate** - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

**remote** - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

**result** - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

**safety** - *n* безопасность; техника безопасности

**slope** - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(рудЫ)*

**support** - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

***4.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

**My speciality is Geology**

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.
2. Petrology which studies the rocks of the Earth.
3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.
4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.
5. Historic Geology which treats of the Earth's history.
6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.
7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

***4.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий.
2. Основные сведения о сослагательном наклонении.

**Инфинитив. The Infinitive**

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

**Формы инфинитива**

| | Active Voice | Passive Voice |
|---|---|---|
| Simple | to write | to be written |
| Continuous | to be writing | |
| Perfect | to have written | to have been written |
| Perfect Continuous | to have been writing | |

***Глаголы, после которых используется инфинитив:***

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать
to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть

*Например:*
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

***Значение разных форм инфинитива в таблице***

| Формы инфинитива | **Чему я рад?** | |
|---|---|---|
| Simple | I am glad **to speak** to you. | Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами). |
| Continuous | I am glad **to be speaking** to you. | Рад, что сейчас разговариваю с вами. |
| Perfect | I am glad **to have spoken** to you. | Рад, что поговорил с вами. |
| Perfect Continuous | I am glad **to have been speaking** to you. | Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами. |
| Simple Passive | I am (always) glad **to be told** the news. | Всегда рад, когда мне рассказывают новости. |

| | | |
|---|---|---|
| Perfect Passive | I am glad **to have been told** the news. | Рад, что мне рассказали новости. |

**Причастие. Participle**

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

**Формы причастия**

| | | Active (Активный залог) | Passive (Пассивный залог) |
|---|---|---|---|
| Participle I (Present Participle) | Simple | **writing** | **being written** |
| | Perfect | **having written** | **having been written** |
| Participle II (Past Participle) | | | **written** |

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

***Как переводить разные формы причастия на русский язык***

| Формы причастия | причастием | деепричастием |
|---|---|---|
| reading | читающий | читая |
| having read | | прочитав |
| being read | читаемый | будучи читаемым |
| having been read | | будучи прочитанным |
| read | прочитанный | |
| building | строящий | строя |
| having built | | построив |
| being built | строящийся | будучи строящимся |
| having been built | | будучи построенным |
| built | построенный | |

**Герундий. Gerund**

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

**Формы герундия**

| | Active (Активный залог) | Passive (Пассивный залог) |
|---|---|---|
| Simple | **writing** | **being written** |
| Perfect | **having written** | **having been written** |

***Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!***

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

***Герундий после глаголов с предлогами***

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),

keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

***to be + прилагательное / причастие + герундий***

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Complete the sentences with the correct infinitive tense.***

1 She has grown taller. She seems ...*to have grown taller*.
2 He is getting used to his new job. He appears
3 Kate makes friends easily. She tends
4 He has finished the report. He claims
5 It is raining over there. It seems
6 He is on a diet. He appears
7 They have sailed round the world. They claim
8 She is feeling better. She seems

***2. Fill in the correct infinitive tense.***

1 A: What would you like ...*to do*... (do) tonight?
B: Let's … (go) to an Italian restaurant.
2 A: What's Liz doing?
B: She seems … (look) for something in her bag.
3 A: Alan has been offered a new job!
B: No, he hasn't. He just pretended … (offer) a new job.
4 A: Colin claims … (meet) lots of famous people.
B: I know, but I don't believe him.
5 A: Look at those two men outside. What are they doing?
B: They appear … (empty) the rubbish bins.
6 A: Would you like to go to the cinema tonight?
B: Not really. I would prefer … (go) to the theatre.
7 A: Tara seems … (work) hard all morning.
B: Yes, she hasn't even stopped for a cup of coffee.
8 A: Why is Tom at work so early this morning?
B: He wants … (finish) early so that he can go to the concert tonight.

***3. Rephrase the following sentences, as in the example.***

1 He must wash the car. I want ...*him to wash the car*...
2 You mustn't be late for work. I don't want …
3 Claire must tidy her bedroom. I want …

4 She mustn't go to the disco. I don't want …
5 They must go to school tomorrow. I want …
6 Gary mustn't make so much noise. I don't want …
7 You mustn't make a mess. I don't want …
8 He must mend his bike. I want …

***4. Complete the sentences with too or enough and the adjective in brackets.***

1 A: Would you like to come to the disco?
B: Oh no. I'm ...*too tired*... to go to a disco, (tired)
2 A: Can you reach that top shelf?
B: No, I'm not … to reach it. (tall)
3 A: Did they go on a picnic yesterday?
B: No. It was … to go on a picnic, (cold)
4 A: Did Jane enjoy the horror film?
B: No. She was … to enjoy it. (scared)
5 A: Does Tom go to school?
B: No. He isn't … to go to school yet. (old)
6 A: Will you go to London by bus?
B: No. The bus is … . I'll take the train, (slow)
7 A: Did she like the dress you bought?
B: Yes, but it was … .(big)
8 A: Take a photograph of me!
B: I can't. It isn't … in here, (bright)

***5. Rewrite the sentences using too.***

1 This music is so slow that I can't dance to it.
*...This music, is too slow for me to dance to…*
2 The bird is so weak that it can't fly.
3 She's so busy that she can't come out with us.
4 The car was so expensive that he couldn't buy it.
5 These shoes are so small that they don't fit me.
6 The book is so boring that she can't read it.
7 I was so tired that I couldn't keep my eyes open.
8 The coffee was so strong that he couldn't drink it.

***6. Underline the correct preposition and fill in the gaps with the -ing form of the verb in brackets.***

1 He is ill. He is complaining **with/<u>about</u>** ...*having*... (have) a headache.
2 Marcus went out instead **for/of** … (do) his homework.
3 Tracy was very excited **with/about** … (go) to the party.
4 I hope you have a good excuse **of/for** … (be) so late.
5 Sam is interested **in/for** … (take up)French lessons.
6 You can't stop him **to/from** … (take)the job if he wants to.
7 Susie ran because she was worried **about/of** … (miss) the bus.
8 Thank you **to/for** … (help) me with my homework.
9 She felt tired because she wasn't used **to/with** … (work) so hard.
10 His boss blamed him **for/of** … (lose) the deal.
11 I am in charge **in/of** … (make) the Christmas deliveries.
12 We are thinking **of/from** … (buy) a new car next month.
13 Sandra apologised **for/about** … (ruin) the performance.
14 Ian was talking **with/about** … (open) a shop in York.

***7. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 It's no use ...*talking*… (talk) to Bob; he won't change his mind.
2 She will … (return) the books next weekend.
3 It was good of you … (help) me fix my bicycle.
4 The man suggested … (call) the police in, to investigate.
5 I can't get used to … (live) in such a hot country.
6 He admitted … (rob) the bank.
7 You had better … (hurry), or you'll be late for work.
8 They refused … (give) me my money back.
9 She is too short … (become) a fashion model.
10 My parents let me … (stay) up late at weekends.
11 Our teacher makes us … (do) homework every evening.
12 The kitchen windows need … (clean).
13 They have begun … (make) preparations for the party.
14 He advised her … (speak) to her boss.
15 I dislike … (go) to the theatre alone.
16 Mr. Roberts was seen … (leave) his house at 12:15 last night.
17 My sister can't stand … (watch) horror films. She gets terribly scared.
18 Can you imagine … (spend) your holidays on the moon?
19 There's no point in … (call) again. There's no one at home.
20 I don't allow people … (smoke) in my house.
21 It was silly of you … (forget) to lock the door.
22 He risks … (lose) his wallet when he leaves it on his desk.

***8. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 A: Is Anne in the room?
B: Yes. I can see her ...dancing... (dance) with her husband over there.
2 A: Did you see the robber?
B: Yes. I saw him … (get) into the car and drive away.
3 A: Is John here today?
B: Yes. I heard him … (talk) on the phone as I walked past his office.
4 A: Colin is good at speaking in public, isn't he?
B: Yes. I heard him … (make) a speech last month. It was excellent.
5 A: I walked past the sports centre today.
B: So did I, and I stopped for a moment to watch some boys … (play) football.
6 A: Your hair looks great today.
B: Thanks. I watched the hairdresser … (dry) it so I could learn how to do it myself.
7 A: That's a music school, isn't it?
B: That's right. I often hear the students … (sing) as I walk past.
8 A: Did you stay until the end of the contest?
B: Yes. I listened to the chairman … (announce) the results before I went home.
9 A: How do you know Tim is at home?
B: I saw him … (cut) the grass as I was driving home.
10 A: How do you know that man stole the watch?
B: I saw him … (put) it in his pocket and leave the shop without paying.

***9. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 I'll never forget ...*sailing*... (sail) down the Danube on that warm spring night last year.
2 Please don't forget … (pay) the bill.
3 John said he remembers … (buy) the newspaper, but now he can't find it.
4 Did you remember … (post) my letters today?
5 Gloria regrets … (shout) at her sister.
6 I regret … (inform) you that we cannot give you your money back.

7 The students went on … (write) for another hour.
8 After cleaning the windows, he went on … (wash) the car.
9 We are sorry … (announce) that the 7:15 train to Liverpool has been cancelled.
10 I'm sorry for … (miss) your birth day party; I'll make it up to you.
11 She stopped … (go) to the gym after she had got back into shape.
12 They stopped … (have) a rest before they continued their journey.
13 They tried … (open) the door, but it was stuck.
14 You should try … (make) your own clothes. It's much cheaper.
15 I'm sorry. I didn't mean … (break) your vase.
16 Being a teacher means … (correct) a lot of homework.
17 I like … (tidy) my room at week ends because I don't have time during the week.
18 They like … (play) in the sea on hot days.

***10. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

My neighbour, Mr. Mason, loves 1) …*spending*… (spend) time in his garden. He would rather 2) … (work) outside than stay indoors, even when it is snowing! Early in the morning, you can 3) … (see) Mr. Mason 4) … (eat) breakfast in his garden, and late at night he is there again, with a cup of cocoa in his hand. I'd like 5) … (help) sometimes when there is lots of work to do, but Mr. Mason prefers 6) … (do) everything himself. He doesn't mind 7) … (get) cold and wet in the winter, and his wife says it's no use 8) … (try) to make him wear a waterproof jacket because he hates 9) … (wear) them! Mr. Mason says he will go on 10) … (garden) until he is too old 11) … (do) it!

**Основные сведения о сослагательном наклонении**

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

**Type 0 Conditionals:** They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

**Type 1 Conditionals:** They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

**Type 2 Conditionals:** They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

**Type 3 Conditionals:** They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

| | If-clause (hypothesis) | Main clause (result) | Use |
|---|---|---|---|
| Type 0<br>general truth | if + present simple | present simple | something which is always true |
| | If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice. | | |
| Type 1<br>real present | if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous | future/imperative<br>can/may/might/must/should/ could + bare infinitive | real - likely to happen in the present or future |
| | If he doesn't pay the fine, he will go to prison.<br>If you need help, come and see me.<br>If you have finished your work, we can have a break.<br>If you're ever in the area, you should come and visit us. | | |
| Type 2<br>unreal present | if + past simple or past continuous | would/could/might + bare infinitive | imaginary situation contrary |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | to facts in the present; also used to give advice |
| | If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice) | | |
| Type 3<br>unreal past | if + past perfect or past perfect continuous | would/could/might + have + past participle | imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism |
| | If she had studied harder, she would have passed the test.<br>If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished. | | |

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

*e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.*

*b) I'll give Tim his book if I see him.*

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

*e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)*

*b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)*

*c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)*

*d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)*

*e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)*

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

*e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus.* (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

*e.g. If Rick was/were here, we could have a party.*

We use If I were you ... when we want to give advice.

*e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.*

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

*e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)*

*b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)*

*c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)*

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Look at the prompts and make Type 1 conditional sentences, as in the example.***
e.g. If we cut down all the forests, the world's climate will change.
1 cut down/ all forests / world's climate / change
2 not stop/use / aerosols /destroy / ozone layer
3 find / alternative sources of energy / solve / some of our environmental problems
4 temperatures / go up / by a few degrees /sea levels / rise
5 recycle / waste / save / natural resources
6 population / continue to increase / not be enough food for everyone

***2. Lisa is trying to decide where to go on holiday. She would like to go to one of these places. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.***
A) SPAIN FOR A WEEK
£180 Inclusive!!
2-star hotel beach
Free water sports

B) A TWO WEEK CAMPING HOLIDAY IN THE SOUTH OF FRANCE
ONLY £280 per person
Self-catering

1. How long / be away / choose / Spain?
SA: How long will she be away if she chooses Spain?
SB: If she chooses Spain, she'll be away for a week.
2. Where / go / like / camping?
3. How much / pay / go to / France?
4. What / do / go to / Spain?
5. Where / go / want / cheap holiday?

***3. Study the situations, then make Type 2 conditional sentences, as in the example.***
I don't have a car, so I have to wait for the bus every day.
1. If I ...had... (have) a car, I ...wouldn't have to... (not/have to) wait for the bus every day.
I never do my homework, so my teacher always gets angry with me.
2. If I … (do) my homework, my teacher … (not/get) angry with me.
I live in a small house, so I can't invite friends over.
3. If I … (live) in a bigger house, I … (be able to) invite friends over.
I never get up early, so I y am always late for school.
4. If I … (get up) earlier, I … (not/be) late for school.

***4. Complete the sentences to make Type 3 conditional sentences, as in the example.***
1. If he ...hadn't noticed... (not/notice) the mould in one of his glass dishes, Alexander Fleming ...would never have discovered... (never/discover) penicillin.
2. If he … (sell) some of his paintings, Van Gogh … (get) some recognition during his lifetime.
3. If Barbara Streisand … (change) the shape of her nose, her career … (never/be) the same.
4. If Anne Sullivan … (not/teach) her, Helen Keller … (not/be able to) communicate.
5. If Naomi Campbell … (not/be) so beautiful, she … (never/become) a supermodel.

***5. Read the story below and make Type 3 conditional sentences, as in the example.***
e.g. 1) ...if Sally hadn't been in a hurry, she would nave left some important notes at home....
Sally had a terrible day yesterday. She was in a hurry, so she left some important notes at home. She wasn't prepared for her meeting with a new client, so the meeting was a disaster. The client was

disappointed, and as a result he refused to do business with the company. The boss shouted at Sally, so she got upset.

***6. Match the items in column A with those in column B in order to make correct Type 0 conditional sentences, as in the example.***

e.g. 1 - c ...if you add sugar to a cup of coffee, the coffee tastes sweeter...

A

1. Add sugar to a cup of coffee.
2. Throw salt onto snow.
3. Put an apple in a bowl of water.
4. Water plants regularly.
5. Lie in the sun too long.
6. Take regular exercise.

B

a The apple floats.
b Your skin turns red.
c The coffee tastes sweeter.
d You feel healthy.
e The plants grow.
f The snow melts.

***7. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 A: What time will you be home tonight?
B: I'm not sure. If I ...have to... (have to) work late. I ...'ll call... (call) you.
2 A: I felt very tired at work today.
B: Well, if you … (not/watch) the late film, you … (not/feel) so tired
3 A: Should I buy that car?
B: Why not? If I … (have) the money, I … (buy) it myself.
4 A: If you … (pass) a chemist's, … (you/get) me some cough medicine?
B: Yes, certainly.
5 A: My sister seems very upset at the moment.
B: Were I you, I … (talk) to her about it.
6 A: Unless you … (hurry), you … (be) late again.
B: No, I won't. There's plenty of time.
7 A: Oh! I forgot to ask Sarah over for dinner.
B: If I … (speak) to her today, I … (ask) her for you.
8 A: May I join the club, please?
B: Provided you … (be) over eighteen, you can join the club.
9 A: What a lovely restaurant! I'm glad we came here.
B: If you … (not/burn) the dinner, we … (not/come) here!
10 A: Just think. If I … (not/move) to York, I … (never/meet) you.
B: I know, wasn't it lucky?
11 A: Jo doesn't spend enough time with me.
B: Well, if she … (have) the time, I'm sure she … (try), but she's very busy.
12 A: Did you give Bill the message?
B: No, but when I … (see) him, I … (tell) him the news.

***8. Choose the correct answer.***

1 'If you ...C... that plate, you'll burn your fingers.'

'Why? Has it been in the oven?'
A would touch
B will touch
C touch
2 ‘ … you're busy, we'll talk now.'
‘That's fine. I'm not busy at the moment.'
A If
B Provided
C Unless
3 'If you watch the news, you … a lot.'
'I know. I watch it every day.'
A learn
B were learning
C would learn
4 '… you wear warm clothes, you won't get cold.'
'I'll wear an extra jumper.'
A Unless
B Providing
C Supposing
5 'Shall I invite John to the party?'
'Well, were I you, I … him.'
A would invite
B will invite
C am inviting
6 '… the teacher comes back now, what will you do?'
'I don't know.'
A When
B Providing
C Supposing
7 'Could I see the menu, please?'
'Yes, sir. If you … a seat, I will fetch it for you.'
A take
B had taken
C have taken
8 'Don't cry. Everything will be alright.'
'Yes, but if I … the bus, I wouldn't have been late for school.'
A didn't miss
B hadn't missed
C don't miss
9 'When water boils, it … steam.'
'Yes, I know; and the steam is hot, too.'
A would produce
B produce
C produces
10 'Can you help me, please?'
'Well, if I wasn't studying, I … you.'
A would help
B help
C will help
11 'John crashed his car yesterday.'
'I know, but if he hadn't been changing the cassette, he …'
A won't crash

B wouldn't crash
C wouldn't have crashed
12 'Can I have some chocolate, please?'
'If you behave yourself, I you some later.'
A would buy
B might buy
C buy
13 'Should you see Colin … and tell me.'
'I will.'
A come
B to come
C will come
14 'If we were rich, we … expensive clothes.'
'Well, unfortunately we aren't rich!'
A could afford
B can afford
C afford

***9. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 If I ...were... (be) you, I wouldn't drive in the snow.
2 Peter … (be able to) help you if he was here.
3 If I had closed the window, the cat … (not/jump) out.
4 I … (call) for help if I got stuck in a lift.
5 Had I known him, I … (talk) to him.
6 John … (may/lose) his job if he is rude to the boss.
7 If you … (save) some money, you would have been able to go on holiday last year.
8 You may win if you … (take) part in the contest.
9 If I had toothache, I … (go) to the dentist.
10 They would have helped us move house if we … (ask) them.
11 If Jane … (be) older, she could live by herself.
12 We would have changed our plans if we … (hear) the weather forecast.
13 Emma … (send) a card if she had remembered it was their anniversary.
14 Robert … (feel) better if you talked to him.
15 If Sam was still living nearby, you … (can/invite) him for dinner.
16 If you … (put) your money in your wallet, you will not lose it.
17 If you … (like) chocolate, you will love this cake.
18 If Bill … (come) home early, he will eat dinner with us.
19 Sandra will join us later unless she … (have) a lot of work to do.

***10. Fill in the gaps using when or if.***

1 A: Have you phoned Paul yet?
B: No, I'll phone him ...when... I get home.
2 A: … I get a new job soon, I may have a party.
B: That's a good idea.
3 A: I really liked that dress we saw.
B: Well, you can buy it … you get paid.
4 A: Shall we go somewhere this weekend?
B: Yes … it's sunny, we could go to the beach.
5 A: Did you make this cake yourself?
B: Yes … you like it, I'll give you the recipe.
6 A: Is Jane still asleep?
B: Yes … she wakes up, I'll tell her you're here.

7 A: Have you done your homework?
B: No. I'll do it … we've finished dinner.
8 A: We've run out of milk.
B: Well, … I go to the shops, I'll buy some more.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

по дисциплине

# Б1.О.04 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

***21.05.04 Горное дело***

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрены на заседании кафедры

Безопасности горного производства
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*

Елохин В.А.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 20.09.2023
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией

Горнотехнологического факультета
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Колчина Н.В.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 20.10.2023
*(Дата)*

Екатеринбург

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

**Цель практического занятия** — закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Человек и среда обитания: воздействия негативных факторов окружающей среды на человека», и формирование практических навыков расчета воздухообмена в производственных помещениях необходимого для очистки воздуха от вредностей: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

**Общие сведения.** Среда обитания — это окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. В жизненном цикле человек и окружающая среда обитания непрерывно взаимодействуют и образуют постоянно действующую систему «человек — среда обитания», в которой человек реализует свои физиологические и социальные потребности. В составе окружающей среды выделяют природную, техногенную, производственную и бытовую среду. Каждая среда может представлять опасность для человека. В данной работе рассматривается расчет потребного воздухообмена ($L$ м$^3$/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

**Задание.** В помещении объемом $V$ работают $n$ человек со средней производительностью $a$ каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро- (на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка $N$ контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения

– оборудование мощностью Рном и осветительная сеть мощностью Роев из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет *К* окон направленных на север размерами 2,5х1,75 м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена для: 1) испарений растворителей и лаков; 2) при пайке припоем ПОС-60; 3) удаления выделяемой людьми углекислоты; 4) удаления избыточного тепла.

**Методика и порядок расчета воздухообмена для очистки воздуха.**

Потребный воздухообмен определяется по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_н - x_в}, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (1.1)$$

где *L*, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; *G*, г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; $x_в$, мг/м$^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1]; $x_н$, мг/м$^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338- 03) □4□.

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n □ □ может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}, \qquad (1.2)$$

где n, раз/ч – кратность воздухообмена; *L*, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; $V_n$ – внутренний объем помещения, м$^3$.

Согласно СП 2.2.1.1312-03, кратность воздухообмена n > 10 недопустима.

Так как $x_н$ определяется по табл. 1.1 прил.1, а $x_в$ по табл. 1.2 прил.1, то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять

количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

*Таблица 1.0*

**Исходные данные для расчёта потребного воздухообмена**

| № вар. | *a,* м²/ч | Материал | *n* чел. | *V* м3 | *N* шт/час | Местность | $P_{ном.}$ кВт | $P_{осв.}$ кВт | *m* окон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | Бесцветный аэролак, окраска кистью | 1 | 100 | 40 | Сельские населенные пункты | 10 | 0,5 | 2 |
| 2 | 1,5 | | 2 | 200 | 35 | | 20 | 0,5 | 3 |
| 3 | 1 | | 3 | 300 | 400 | | 30 | 1 | 4 |
| 4 | 2 | | 4 | 400 | 45 | Малые города | 40 | 1 | 5 |
| 5 | 3 | Цветной аэролак, окраска механизир. | 1 | 500 | 305 | | 200 | 1 | 6 |
| 6 | 4 | | 1 | 600 | 48 | | 150 | 1,5 | 6 |
| 7 | 3,5 | | 1 | 700 | 450 | Большие города | 200 | 1 | 6 |
| 8 | 5 | | 1 | 800 | 480 | | 100 | 2 | 8 |
| 9 | 0,2 | Шпаклевка кистью | 3 | 80 | 325 | | 10 | 0,5 | 2 |
| 10 | 0,3 | | 4 | 200 | 420 | Сельские населенные пункты | 20 | 1 | 4 |
| 11 | 1,5 | Шпаклевка механизир, | 1 | 200 | 250 | | 30 | 1 | 3 |
| 12 | 1 | | 2 | 300 | 450 | | 40 | 1,5 | 4 |
| 13 | 0,8 | Бесцветный аэролак, окраска кистью | 1 | 150 | 300 | Малые города | 50 | 0,6 | 2 |
| 14 | 1 | | 2 | 150 | 48 | | 60 | 0,8 | 3 |
| 15 | 1,2 | | 1 | 120 | 335 | | 70 | 1 | 2 |
| 16 | 0,7 | | 2 | 200 | 400 | Большие города | 80 | 1,2 | 4 |
| 17 | 2 | Цветной аэролак, окраска механизир. | 1 | 200 | 280 | | 90 | 0,6 | 4 |
| 18 | 2,5 | | 2 | 400 | 480 | | 100 | 0,8 | 6 |
| 19 | 2,2 | | 1 | 400 | 290 | Сельские населенные пункты | 150 | 1,2 | 8 |
| 20 | 1,8 | | 2 | 600 | 300 | | 200 | 1,5 | 8 |
| 21 | 0,3 | Шпаклевка кистью | 1 | 80 | 200 | | 250 | 0,5 | I |
| 22 | 0,4 | | 2 | 100 | 250 | Малые города | 300 | 0,6 | 2 |
| 23 | 1 | Шпаклевка механизир. | 1 | 150 | 242 | | 60 | 1 | 2 |
| 24 | 1 | | 2 | 400 | 440 | Большие города | 80 | 1 | 3 |
| 25 | 1,5 | Шпаклевка | 1 | 100 | 270 | | 100 | 1,2 | 4 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 2 | кистью | 3 | 200 | 180 | | 150 | 0,5 | 6 |

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

### 1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле

$$G = \frac{a \times A \times m \times n}{100}, \text{ г/ч}, \qquad (1.3)$$

где $a$, м$^2$/ч – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – 12 м$^2$/ч, пульверизатором – 50 м$^2$/ч); $A$, г/м$^2$ – расход лакокрасочных материалов; $m$, % – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; $n$ – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин $A$ и $m$ определяются по табл. 1.3 прил. 1.

**Пример.** Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

**Решение:**

По табл. 3 прил. 1 для цветного аэролака при окраске распылением находим, что A = 180 г/м$^2$, m = 75 %, тогда G = 50·180·75·2/100 = 13500 г/ч. Далее определяем потребный воздухообмен в помещении по формуле (1.3). Находим для ацетона из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1, что $x_в$ = 200 мг/м$^3$, $x_н$ = 0,35 мг/м$^3$, тогда L = 13500·1000/(200 - 0,35) = 67500 м$^3$/ч.

Ответ: L = 67500 м$^3$/ч.

### 1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который содержит $C$ = 0,4 доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до $B$ = 0,1 % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек – $N$, количество выделяемых паров свинца определяется по формуле

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \quad (1.4)$$

где G, г/ч – количество выделяемых паров свинца; C – содержание свинца; B – % свинца; N – число паек.

**Пример.** В помещении объемом $V_п$ = 1050 м$^3$ три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

**Решение:**

По формуле (1.4) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух: G = 0,6·0,001·10·100·3 = 1,8 мг/ч. Далее определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1). Находим из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1 для свинца и его соединений $x_в$ = 0,01 мг/м$^3$; $x_н$ = 0,001 мг/м$^3$. Тогда L = 1,8 / (0,01- 0,001) = 200,0 м$^3$/ч.

Ответ: L = 185,5 м$^3$/ч.

### 1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота ($CO_2$). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и

выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 1.4 и 1.5 прил. 1.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания $CO_2$ следующие значения: для сельских населенных пунктов – 0,33 л/м$^3$, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 0,4 л/м$^3$, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 0,5 л/м$^3$.

**Пример.** Определить потребную кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

**Решение:**

По табл. 1.4 прил.1 определяем количество $CO_2$, выделяемой одним человеком $g$ = 23 л/ч. По табл. 1.5 прил. 1 определяем допустимую концентрацию $CO_2$. Тогда $x_в$ = 1 л/м3 и содержание $CO_2$ в наружном воздухе для больших городов $x_н$ = 0,5 л/м$^3$ .Определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1) $L = 23 \cdot 3/(1- 0,5) = 138$ м$^{3/}$ч. Ответ: $L$ = 138 м$^3$/ч.

## 1.4. Определение потребного воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа. Считая, что просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и, предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов, просочившихся через неплотности, можно определить по формуле

$$G = k \times c \times \sqrt[v]{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч,} \qquad (1.5)$$

где $k$ – коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования ($k$ = 1–2); $c$ – коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате; $v$ – внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м$^3$; $M$ – молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре; $T$ – абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

*Таблица 1.2*

**Коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате**

| Давление $p$, атм | до 2 | 2 | 7 | 17 | 41 | 161 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0,121 | 0,166 | 0,182 | 0,189 | 0,25 | 0,29 |

**Пример.** Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре $p_a$ = 3 атм, а в проводящих трубопроводах $p_a$=4 атм. Внутренний объем аппаратуры $v_a$ = 5 м$^3$, объём трубопроводов, $v_{тр}$ = 1,2 м$^3$. Температура газа в аппаратуре – $t_a$ = 120 °С, в трубопроводе – $t_{тр}$ = 25 °С. Определить потребный воздухообмен в помещении.

**Решение:**

Определяем величины утечек сероводорода ($H_2S$) из аппаратуры и трубопроводов. Принимаем $k$ = 1,5; $c$ = 0,169 (по табл. 1.2); $M$ = 34, для $H_2S$; Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_a = 1{,}5 \times 0{,}169 \times \sqrt[5]{\frac{34}{393}} = 0{,}372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{тр} = 1{,}5 \times 0{,}172 \times 1{,}2 = 0{,}104$$

$$G = G_a + G_{тр} = 0{,}372 + 0{,}104 = 0{,}476, \text{кг/ч}$$

Используя данные табл. 1.1 прил. 1, находим, что для сероводорода

$x_в$ =10 мг/м$^3$; $x_н$ = 0,008 мг/м$^3$. Потребный воздухообмен равен

$$L = \frac{4761000}{(10 - 0{,}008)} = 47638{,}1\ {}^{м^3}/_{ч}$$

Ответ: $L$ = 47638,1 м$^3$/ч

**Вывод:** В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ. По действию на организм человека они могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

**Пример.** Для первой вредности в воздухе рабочей зоны – вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т. е. $L$ = 67500 м$^3$/ч (потребный воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена $n$ = 67500/4800 = 14,1 ч$^{-1}$. Данное значение превышает установленную величину – 10 ч$^{-1}$, поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объёма воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле

$$L_{МВ} = F \times v \times 3600,\ {}^{м^3}/_{ч}\ , \qquad (1.6)$$

где $F$ – площадь сечения всасывающих отверстий, м$^2$; $v$ – скорость воздуха

в сечении вытяжной вентиляции, м/с. Рекомендуется принимать значение скорости в интервале 0,8-1,5 м/с.

Таким образом, потребный воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода: $L$ = 47638,1 м$^3$/ч.

Проверка:

$$n = 47638,\ 1/4800 = 9,\ 9\ ч^{-1}.$$

## 1.5. Расчёт потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma_B \times c\Delta t},\ м^3/ч, \qquad (1.7)$$

где $L$, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; $Q_{изб}$, ккал/ч – избыточное тепло; $\gamma_в$ = 1,206 кг/м$^3$ – удельная масса приточного воздуха; $c_в$ = 0,24 ккал/кг□град – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{вых} - t_{пр},\ ^oC \qquad (1.8)$$

где $t_{вых}$, $^o$C – температура удаляемого воздуха; $t_{пр}$, $^o$C – температура приточного воздуха.

Величина $\Delta t$ при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – $Q_н$: при $Q_н \le 20$ ккал/м$^3$·ч $\Delta t$ = 6 $^o$C; при $Q_н > 20$ ккал/м$^3$·ч $\Delta t$ = 8 $^o$C;

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_п},\ ккал/\ м^3 \cdot ч, \qquad (1.9)$$

где $V_п$, м$^3$ – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд},\ ккал/ч, \qquad (1.10)$$

где $Q_{об}$, ккал/ч – тепло, выделяемое оборудованием; $Q_{осв}$, ккал/ч – тепло, выделяемое системой освещения; $Q_{л}$, ккал/ч – тепло, выделяемое людьми в помещении; $Q_{р}$, ккал/ч – тепло, вносимое за счет солнечной радиации; $Q_{отд}$, ккал/ч – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \times P_{об} \times y_1, \text{ ккал/ч} \quad (1.11)$$

где $Y_1$ – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{об}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \times y_2 \times y_3 \times y_4, \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

где $P_{ном}$, кВт – номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения; $Y_2$ – коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой; $Y_3$ – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой; $Y_4$ – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным:

$$y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 = 0{,}25 \quad (1.13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha\beta \times \cos(\varphi), \quad (1.14)$$

где α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую для лампы накаливания α = 0,92 – 0,97, люминесцентной лампы α = 0,46 – 0,48; b – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников b = 1); cos (φ) = 0,7 – 0,8 – коэффициент мощности; $P_{осв}$, кВт – мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \times q_{л}, \quad (1.15)$$

где $N$ – количество людей в помещении; $q_{л}$, ккал/ч – тепловыделения одного человека табл. 1.6 прил. 1.

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = K \times S \times q_{ост}\,, \qquad (1.16)$$

где $K$ – количество окон; $S$, м$^2$ – площадь одного окна; $q_{ост}$, ккал/ч – солнечная радиация через остекленную поверхность табл. 1.7 прил. 1.

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем. Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно, что $Q_{отд}$ = $Q_р$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже +10 $^{o}$C). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10 $^{o}$C) принимаем $Q_{отд}$ = 0.

**Общий вывод**: Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Приложение 1

*Таблица 1.1*

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)**

| Наименование вредных веществ | ПДКм.р., мг/м$^3$ | ПДКс.с., мг/м$^3$ | Агрегатн состояние |
|---|---|---|---|
| Азота диоксид | 0,085 | 0,04 | п |
| Азота оксид | 0,6 | 0,06 | п |
| Акролеин | 0,03 | 0,03 | п |
| Амилацетат | 0,10 | 0,10 | п |
| Аммиак | 0,2 | 0,04 | п |
| Ацетон | 0,35 | 0,35 | п |
| Бензин (углеводороды) | 5,0 | 1,5 | п |
| Бензол | 1,5 | 0,1 | п |
| Бутан | 200 | - | п |
| Бутилацетат | 0,1 | 0,1 | п |
| Винилацетат | 0,15 | 0,15 | п |
| Дихлорэтан | 3,0 | 1,0 | п |
| Ксилол | 0,2 | 0,2 | п |
| Марганец и его соединения | 0,01 | 0,001 | а |
| Метилацетат | 0,07 | 0,07 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | - | 0,003 | а |
| Озон | 0,16 | 0,03 | п |
| Пыль (кремнесодержащая – более 70 %) | 0,15 | 0,05 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного действия) | 0,5 | 0,15 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | - | 0,0003 | а |
| Сажа | 0,15 | 0,05 | а |
| Свинец и его соединения | 0,001 | 0,0003 | а |
| Сернистый ангидрид | 0,5 | 0,15 | п |
| Серная кислота | 0,3 | 0,1 | а |

Продолжение табл. 1.1

| Наименование вредных веществ | ПДКм.р., мг/м$^3$ | ПДКс.с., мг/м$^3$ | Агрегатн состояние |
|---|---|---|---|
| Сероводород | 0,008 | - | п |
| Сероуглерод | 0,03 | 0,005 | п |
| Спирт бутиловый | 0,16 | - | п |
| Спирт изобутиловый | 0,1 | 0,1 | п |
| Спирт метиловый | 1,0 | 0,5 | п |
| Спирт этиловый | 5 | 5 | п |
| Стирол | 0,04 | 0,002 | п |
| Толуол | 0,6 | 0,6 | п |
| Углерода оксид | 5,0 | 3,0 | п |
| Фенол | 0,01 | 0,003 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,02 | 0,005 | п |
| Хлор | 0,1 | 0,03 | п |
| Хлористый водород | 0,2 | 0,2 | п |
| Этилацетат | 0,1 | 0,1 | п |

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

*Таблица 1.2*

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухерабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)**

| Наименование вредных веществ | ПДК., мг/м$^3$ | Класс опасности | Агрегатн. состояние |
|---|---|---|---|
| Азота диоксид | 2,0 | 3 | п |
| Азота оксиды | 5,0 | 3 | п |
| Акролеин | 0,2 | 2 | п |
| Амилацетат | 100 | 4 | п |
| Аммиак | 20 | 4 | п |
| Ацетон | 200 | 4 | п |
| Бензин (углеводороды) | 100 | 4 | п |
| Бензол | 15/5 | 2 | п |
| Бутан | 300 | 4 | п |
| Бутилацетат | 200 | 4 | п |
| Винилацетат | 10,0 | 4 | п |
| Дихлорэтан | 10,0 | 2 | п |
| Ксилол | 50,0 | 3 | п |
| Марганец и его соединения (от 2-30 %) | 0,1 | 2 | а |
| Метилацетат | 100 | 4 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | 0,04/0,01 | 2 | а |
| Озон | 0,1 | 1 | п |
| Пыль (кремнесодержащая – более 70 %) | 1,5 | 4 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного действия) | 4,0 | 4 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | 0,2/0,05 | 1 | а |
| Сажа | 4,0 | 3 | а |
| Свинец и его соединения | 0,01/0,005 | 1 | а |
| Серная кислота | 1,0 | 2 | а |
| Сернистый ангидрид | 10 | 3 | п |
| Сероводород | 10,0 | 3 | п |

Продолжение табл. 1.2

| Наименование вредных веществ | ПДК., мг/м$^3$ | Класс опасности | Агрегатн. состояние |
|---|---|---|---|
| Сероуглерод | 1,0 | 3 | п |
| Спирт бутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт изобутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт метиловый | 5,0 | 3 | п |
| Спирт этиловый | 1000 | 4 | п |
| Стирол | 30/10 | 3 | п |
| Толуол | 50 | 3 | п |
| Углерода оксид | 20 | 4 | п |
| Фенол | 0,3 | 2 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,5/0,1 | 2 | п |
| Хлор | 1,0 | 2 | п |
| Хлористый водород | 5,0 | 1 | п |
| Этилацетат | 200 | 4 | п |

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

*Таблица 1.3*

**Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей**

| Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски | Расход лакокрасочных материалов, *A*, г/м$^2$ | Содержание летучей час- ти, *m*, % |
|---|---|---|
| Нитролаки и краски | | |
| Бесцветный аэролак /кистью | 200 | 92 |
| Цветные аэролаки/распыление пульверизатором | 180 | 75 |
| Нитрошпаклевка /кистью | 100-180 | 10-35 |
| Нитроклей /кистью | 160 | 80-85 |
| Масляные лаки и эмали | | |
| Окраска распылением | 60-90 | 35 |

*Таблица 1.4*

**Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе**

| Возраст человека и характер работы | Количество $CO_2$ | |
|---|---|---|
| | в л/ч | в г/ч |
| Взрослые: | | |
| при физической работе | 45 | 68 |
| при легкой работе (в учреждениях) | 23 | 35 |
| в состоянии покоя | 23 | 35 |
| Дети до 12 лет | 12 | 18 |

*Таблица 1.5*

**Предельно-допустимые концентрации углекислоты**

| Наименование помещений | Количество $CO_2$ | |
|---|---|---|
| | в л/ч | в г/кг |
| Для постоянного пребывания людей (жилые ком.) | 1 | 1,5 |
| Для пребывания детей и больных | 0,7 | 1 |
| Для учреждений | 1,25 | 1,75 |
| Для кратковременного пребывания людей | 2 | 3 |

*Таблица 1.6*

**Количество тепловыделений одним человеком при различной работе**

| Категория тяжести работы | | Количество тепловыделений $q_л$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 15 ºС | 20 ºС | 25 ºС | 30 ºС |
| Легкая | I | 100 | 70 | 50 | 30 |
| Средней тяжести | II-а | 100 | 70 | 60 | 30 |
| Средней тяжести | II-б | 110 | 80 | 70 | 35 |
| Тяжелая | III | 110 | 80 | 80 | 35 |

*Таблица 1.7*

## Солнечная радиация через остекленную поверхность

| | Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ЮГ | | | ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД | | | | ВОСТОК ЗАПАД | | | | СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД | | | |
| | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| Окна с двойным остеклением и деревянными рамами | 125 | 125 | 145 | 85 | 110 | 125 | 145 | 125 | 125 | 145 | 145 | 65 | 65 | 65 | 60 |
| Окна с двойным остеклением и металлическими рамами | 160 | 160 | 180 | 110 | 140 | 160 | 180 | 160 | 160 | 180 | 180 | 80 | 80 | 80 | 70 |
| Фо- нарь с двойным остеклением и металлическими переплет. | 130 | 160 | 170 | 110 | 140 | 170 | 170 | 160 | 160 | 180 | 180 | 85 | 85 | 85 | 70 |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.

2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

**Цель практического занятия -** закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

**Общие сведения.** Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;

2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

**Практические задачи**

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

*Таблица 2.0*

**Классификация профессиональной безопасности**

| Категория | Условия профессиональной деятельности | Риск смерти (на человека в год) | Профессия |
|---|---|---|---|
| 1 | Безопасные | $1 \cdot 10^{-4}$ | Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др. |
| 2 | Относительно безопасные | $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ | Шахтеры, металлурги, судостроители и др. |
| 3 | Опасные | $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ | Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др. |
| 4 | Особо опасные | больше $1 \cdot 10^{-2}$ | Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов. |

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \qquad (2.1)$$

где Р – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); Н – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

**Пример. Задача 1.** Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

**Решение.**

Рж = $2{,}5 \cdot 10^5 / 1{,}5 \cdot 10^8 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

**Задача 2.** Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

**Задача 3.** Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

**Задача 4.** Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

*Таблица 2.1*

**Индивидуальный иск гибели в год**

| Причина | Риск | Причина | Риск |
|---|---|---|---|
| Автомобильный транспорт | $3 \cdot 10^{-4}$ | Воздушный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ |
| Падения | $9 \cdot 10^{-5}$ | Падающие предметы | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Пожар и ожог | $4 \cdot 10^{-5}$ | Электрический ток | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Утопление | $3 \cdot 10^{-5}$ | Железная дорога | $4 \cdot 10^{-6}$ |
| Отравление | $2 \cdot 10^{-5}$ | Молния | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| Огнестрельное оружие | $1 \cdot 10^{-5}$ | Все прочие | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| Станочное оборудование | $1 \cdot 10^{-5}$ | Ядерная энергетика | $2 \cdot 10^{-10}$ |
| Водный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ | (пренебрегаемо мал. риск) | |

Риск общий для американца: $P_{общ} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{общ}$).

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.

2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Цель практического занятия :**закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

**Общие сведения:**

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°Си более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1…37,2°С) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

*Теплопродукция.* Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140…174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления )

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состояние покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

**Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:**

1. Атмосферное давление В, Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д\,, \qquad (3.1)$$

где В– исправленное значение замеренного давления, Па; Вп – отсчет по прибору, Па; Вш – шкаловая поправка;Вт – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; Вд – добавочная поправка, Па.

Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

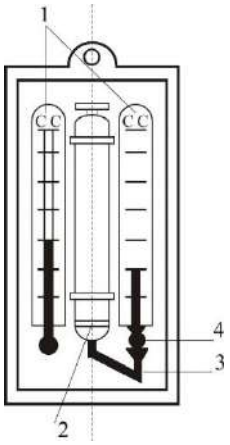



Рис. 3.2 Психрометры Августа

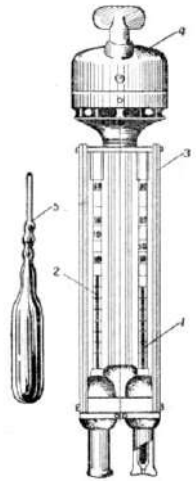


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного параЮ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{в.п} = P_{н.в} - c(T_c - T_B)B \quad (3.2)$$

где Рн.в– давление насыщенного водяного пара при температуре tв, зафиксированной влажным термометром, Па;с–коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают с = 0.00074, свыше 4 м/с – 0,00066) tc и tв – температура сухого и влажного термометра,В–

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив порациональнее давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_{н.с}$– давление насыщенного водяного пара при температуре $t_c$, зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 * P_{в.п})}{(461{,}5(273 + t_c))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5 * (273 + t_c)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха $\varphi$

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} * 100, \quad (3.6)$$

*Таблица 3.0*

**Давление насыщенного водяного пара Р, Па при температуре воздуха**

| t, С | Р, Па | t, С | Р, Па | t, С | Р, Па | t, С | Р, Па |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 611 | 10 | 1228 | 20 | 2328 | 30 | 4242 |
| 1 | 657 | 11 | 1312 | 21 | 2486 | 31 | 4493 |
| 2 | 705 | 12 | 1403 | 22 | 2644 | 32 | 4754 |
| 3 | 759 | 13 | 1497 | 23 | 2809 | 33 | 5030 |
| 4 | 813 | 14 | 1599 | 24 | 2894 | 34 | 5320 |
| 5 | 872 | 15 | 1705 | 25 | 3168 | 35 | 5624 |
| 6 | 935 | 16 | 1817 | 26 | 3361 | 36 | 5941 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1001 | 17 | 1937 | 27 | 3565 | 37 | 6275 |
| 8 | 1073 | 18 | 2064 | 28 | 3780 | 38 | 6625 |
| 9 | 1148 | 19 | 2197 | 29 | 4005 | 39 | 6991 |

Значение относительной влажности $\varphi$, найденного описанными способами, может быть проверено по данным психометрической таблицы

4. Скорость движения воздуха измеряется с помощью крыльчатых или чашечных анемометров (Рис 3.4). Крыльчатый анемометр принимается для измерения скорости воздуха до 10 м/с, а чашечный – до 30м/с. Принцип действия анемометров обоих типов основан на том, что частоты вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарировочный паспорт, предлагаемый к каждому прибору позволяет по вычисленной величине делений определить скорость движения воздуха.

Рис 3.4 Чашечный анемометр

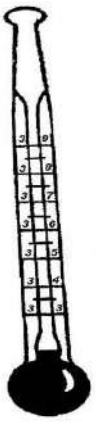


Рис. 3.5 Кататермометр

Скорость движения воздуха в интервале величин от 0.1 до 0.5 м/с можно определить с помощью кататермометра (Рис.3.5). Шаровой кататермометр представляет собой стартовый термометр с двумя резервуарами: шаровым внизу и цилиндрическим вверху. Шкала кататермометра имеет давление от 31 до 41 градуса. Для работы с этим прибором его предварительно нагревают на водяной бане, затем вытирают насухо и помещают в исследуемое место. По величине падения столба спирта в единицу времени на кататермометре при его охлаждении судят о скорости движения воздуха. Для измерения малых скоростей (от 0.03 до 5 м/с) при температуре в производственных помещениях не ниже 10С применяется термоанемометр. Это электрический прибор на полупроводниках, принцип его действия основан на измерении величины сопротивления датчика при изменении температуры и скорости движения воздуха.

*Таблица 3.1*

**Значения относительной влажности**

| $t_c$ °C | Разность показаний сухого и влажного термометров $t_c$ - $t_b$ °C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Относительная влажность $\varphi$, % | | | | | | | | | |
| 0 | 100 | 81 | 63 | 45 | 28 | 11 | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 83 | 65 | 48 | 32 | 16 | | | | |
| 2 | 100 | 84 | 68 | 51 | 35 | 20 | | | | |
| 3 | 100 | 84 | 69 | 54 | 39 | 24 | 10 | | | |
| 4 | 100 | 85 | 70 | 56 | 42 | 28 | 14 | | | |
| 5 | 100 | 86 | 72 | 58 | 45 | 32 | 19 | 6 | | |
| 6 | 100 | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 10 | | |
| 7 | 100 | 87 | 74 | 61 | 49 | 37 | 26 | 14 | | |
| 8 | 100 | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 29 | 18 | 7 | |
| 9 | 100 | 88 | 76 | 64 | 53 | 42 | 31 | 21 | 11 | |
| 10 | 100 | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5 |

Продолжение табл. 3.1

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 88 | 77 | 66 | 56 | 46 | 36 | 26 | 17 | 8 |
| 12 | 100 | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 |
| 13 | 100 | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 |
| 15 | 100 | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 |
| 16 | 100 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 |
| 17 | 100 | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 |
| 18 | 100 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 |
| 19 | 100 | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 |
| 21 | 100 | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 |
| 22 | 100 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 |
| 23 | 100 | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 |
| 25 | 100 | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 |
| 26 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 46 | 40 |
| 27 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 52 | 47 | 41 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 100 | 93 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 52 | 48 | 42 |
| 29 | 100 | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 60 | 54 | 49 | 43 |
| 30 | 100 | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 |

Скорость движения воздуха V, м/с , при замере ее анемометром АСО-3 подсчитывается по формуле

$$V = an + b, \quad (3.7)$$

где n число делений в 1 с; $n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}}$; $n_н$ и $n_к$ – начальный и конечный отсчеты по анемометру; t зам – продолжительность замера по прибору.

При выполнении настоящего практического занятия рекомендуется использовать формулу:

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

5. Гигиеническая оценка результатов расчета параметров микроклимата: производится по санитарным нормам, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88.

*Таблица 3.2*

**Оптимальные нормы температуры, относительно влажности и скорости движения воздуха по рабочей зоне производственных помещений**

| Период Года | Категория Работ | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха м/с не более |
|---|---|---|---|---|
| Холодный (температура наружного воздуха ниже +10°С) | Легкая – 1 | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
| | Легкая – 1б | 21-23 | 40-60 | 0,1 |
| | Средней тяжести – Па | 18-20 | 40-60 | 0,2 |
| | | 17-19 | 40-60 | 0,2 |
| | Средней тяжести – Пб | 16-18 | 40-60 | 0,3 |
| | Тяжелая – III | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Теплый (температура наружного воздуха +10°С и выше) | Легкая – 1а | 23-25 | 40-60 | 0,1 |
| | Легкая – 1б | 22-24 | 40-60 | 0,2 |
| | Средней тяжести – Па | 21-23 | 40-60 | 0,3 |
| | Средней тяжести – Пб | 20-22 | 40-60 | 0,3 |
| | Тяжелая - III | 18-20 | 40-60 | 0,4 |

**Пример расчета:**

Исходный данные: $B_n$= 87937 Па,$B_ш$ = -50 Па, $t_c$ = 22 °С, $t_c$ = 16 °С, $\Delta t = -\frac{10Па}{°С}$, $B_д$= +100 Па, $n_н$=6000, t зам= 200с, период года – теплый.

**Решение:**

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_т = t_c * \Delta t = 22(-10) = -220\ Па$$

$$B = B_n + B_ш + B_т + B_д = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667\ Па.$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0{,}2\ дел/с$$

Скорость движения воздуха составляет;

$$V=0{,}45n + 0{,}01 = 0{,}45 * 0{,}2 + 0{,}01 = 0{,}10\ м/с$$

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра Рн.с = 2644 Па и температуре влажного термометра Р н.в = 1817 Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_c - t_в) * B = 1817 - 0{,}00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427\ Па$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461{,}5(273 + 22)} = 10{,}48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5(273+t_c)} = \frac{1000*2644}{461{,}5(273+22)} = 19{,}42 \text{ г/м}^3$относительная влажность воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10{,}48}{19{,}42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетов $\varphi$ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров Тс – Тв = 22 – 16 = 6 ℃ относительная влажность воздуха $\varphi$равна 54%

**Варианты заданий**

Для выполнения задания даются следующие показатели: отсчет по барометру Вп Температура воздуха по сухому (Тс) и влажному (Тв) термометрам психрометра, начальный (Nн) и конечный (Nк) отсчеты по анемометру, продолжительность замера скорости движения воздуха Тзам, период года (холодный, теплый) Для отсчета скорости движения воздуха использовать формулу

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте полагать равной 50 Вт/м$^2$. Числовые значения исходных данных приведены в таблице 3.3.

*Таблица 3.3*

**Числовые значения поправок к барометру**

| вариант | Вв, Па | Вш, Па | $\Delta t, Па/°C$ | Ва, Па | Тс, °С | Тв,°С | Nн | Nк | Т зам, °С | Период года |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 110146 | -100 | -10 | +100 | 23 | 18 | 6000 | 6246 | 140 | Холодный |
| 2 | 105752 | -100 | -10 | +100 | 22 | 16 | 6107 | 6138 | 155 | То же |
| 3 | 97989 | +75 | -10 | +100 | 18 | 13 | 6357 | 6407 | 160 | То же |
| 4 | 90498 | +25 | -10 | +100 | 17 | 11 | 6841 | 6909 | 170 | То же |
| 5 | 94232 | +150 | -10 | +100 | 16 | 11 | 6944 | 7051 | 200 | То же |
| 6 | 103379 | -50 | -10 | +100 | 24 | 17 | 6107 | 6387 | 150 | Теплый |
| 7 | 107509 | -100 | -10 | +100 | 23 | 17 | 6305 | 6696 | 187 | То же |
| 8 | 89371 | 0 | -10 | +100 | 22 | 15 | 6421 | 6501 | 190 | То же |
| 9 | 94263 | +150 | -10 | +100 | 20 | 15 | 6725 | 6830 | 175 | То же |
| 10 | 96946 | +100 | -10 | +100 | 19 | 12 | 6100 | 6176 | 11 | То же |

Порядок выполнения работы

1. Расчет и оформление практической работы провести в соответствии с примером расчета. Варианты заданий определяются пр-ем.

2. Результаты расчетов микроклимата на рабочем месте в производственном помещении занести в таблицу.

*Таблица 3.4*

**Пример заполнения таблицы**

| Температура воздуха | | Относительная влажность % | | Скорость движения воздуха | |
|---|---|---|---|---|---|
| Фактическая данная | Оптимальная по нормам | Фактическая рассчитанная | Оптимальная по нормам | Фактическая рассчитанная | Оптимальная по нормам |

3. На основании полученных результатов определить категорию работ, в соответствии с периодом года.

4. Ответить на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Что понимают под микроклиматом производственных помещений?
2. Опишите характер действия климатических факторов на организм человека.
3. В чем состоит нормирование воздействий климатических факторов на человека?
4. Как определяют давление, температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха?
5. Назовите способы и средства нормализации микроклимата на рабочих местах.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОМ В ШАХТАХ

**Цель практического занятия** - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Комфортные условия жизнедеятельности», и овладение методикой расчета тепловыделений в выработки глубоких шахт и выбора технических решений по борьбе с избыточным теплом.

**Общие сведения**. Климатические условия в подземных выработках, особенно в глубоких шахтах, как правило, отличаются от климатических условий на земной поверхности. Микроклимат горных выработок (т. е. действующее в них на организм человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха, его давления и температуры окружающих поверхностей) в значительной степени зависит от теплообменных процессов, происходящих на пути движения воздуха. Под воздействием этих процессов температура шахтного воздуха в выработках существенно повышается с увеличением глубины ведения горных работ.

Нагревание воздуха, движущегося по горным выработкам, происходит в результате:

- теплообмена между потоком шахтного воздуха и окружающим выработки массивом горных пород, т. е. охлаждения пород;
- естественного адиабатического сжатия воздуха при движении его вниз по вертикальным и наклонным выработкам;
- изменения содержания влаги в воздухе;
- теплообмена между воздухом и подземной водой, текущей по выработкам;
- окисления угля, угольной пыли, сульфидных руд, крепежного леса и некоторых других веществ;
- охлаждения отбитых и транспортируемых масс угля и породы;
- работы горных машин и механизмов;
- выделения тепла осветительными установками, электрическими кабелями, трубопроводами сжатого воздуха, телом человека, а также действия других второстепенных факторов.
- Вызванное перечисленными факторами приращение температуры шахтного воздуха (оС = К), может быть определено из выражения

$$\Delta t = \frac{\Sigma Q_i}{C_p \rho V}, \qquad (4.1)$$

где $\sum Q_i$ - суммарное количество теплоты, идущее на нагревание воздуха, кДж/ч; $C_p$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $V$ - объемный расход воздуха, м$^3$/ч.

Шахтный воздух уже при температуре свыше 25 °С оказывает отрицательное тепловое воздействие на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. При задержке отдачи телом человека накопившегося в нем тепла возникает перегрев организма, осложняющий протекание жизненных процессов. Чрезмерный перегрев организма вызывает ухудшение самочувствия человека, приводит к серьезным заболеваниям (в наиболее тяжелых случаях - к

тепловому удару, или стрессу, или даже к смерти), увеличивает вероятность травматизма, снижает производительность труда.

Изменение температуры воздуха (и других параметров микроклимата) в подземных выработках оказывает влияние также на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

Расчет выделения теплоты в выработки глубоких шахт ведется по следующим зависимостям.

***1. Тепловыделение при охлаждении горных пород.*** Количество теплоты $Q_{охл}$, кДж/ч, выделяющееся вследствие охлаждения окружающих выработку горных пород, описывается уравнением Ньютона для конвективного теплообмена

$$Q_{охл} = K_{\tau} P l (t_{п} - t_{в}), \quad (4.2)$$

где $K_{\tau}$ - коэффициент нестационарного теплообмена между массивом горных пород и воздухом, кДж/(м$^2$·ч·К) (рассчитывается по формуле, приводимой ниже); $P$ и $l$ - периметр и длина выработки, м; $t_{п}$ - естественная температура неохлажденных пород на данной глубине, (°С = $K$, расчет приводится ниже); $t_{в}$= $t_{пб}$ - допустимая температура воздуха в выработке, °С (принимается согласно Правилам безопасности).

Коэффициент $K_{\tau}$, кДж/(м$^2$·ч·К) определяется по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[ \frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}} \right], \quad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); $\alpha_0$ - суммарный коэффициент теплоотдачи от стен шахтной выработки к воздуху, кДж/(м$^2$·ч·К) (расчет ниже); $R_э$ - эквивалентный радиус выработки, м: $R_э = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.564\sqrt{S}$ , $a$ - коэффициент температуропроводности

породы, м$^2$/ч: $\alpha = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п}$ (принимается по табл. 3.1); $c_п$ - удельная теплоемкость породы, кДж/(кг·К) (принимается по табл. 3.1); $\rho_п$ - плотность породы, кг/м$^3$ (принимается по табл. 3.1); $\tau$ - расчетное время процесса теполообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение $\tau$ = 4·365·24 = = 35040 ч).

*Таблица 4.0*

**Тепловая характеристика пород**

| Порода | ρ, кг/м$^3$ | $c_п$, кДж/(кг·К) | λ, кДж/(м·ч·К) | $a$, м$^2$/ч |
|---|---|---|---|---|
| Песчаник (Центральный Донбасс) | 2475 | 0,854 | 9,211 | 0,00436 |
| Глинистые и песчанистые сланцы (там же) | 2450 | 0,904 | 6,363 | 0,00287 |
| Уголь (там же) | 1225 | 1,184 | 1,051 | 0,00073 |
| Бурый уголь (Челябинский бассейн) | 1210 | 1,130 | 0,913 | 0,00067 |
| Каменный уголь (Карагандинский бассейн) | 1275 | 1,055 | 0,963 | 0,00072 |
| Углистый сланец | 1765 | 1,021 | 3,006 | 0,00167 |
| Глинистый сланец | 2433 | 0,992 | 3,354 | 0.00139 |
| Змеевик | 2690 | 0,950 | 5,694 | 0,00223 |
| Гранит | 2722 | 0,917 | 7,972 | 0.00319 |
| Серный колчедан (Дегтярское месторождение) | 4620 | 0,908 | 15,010 | 0,00358 |
| Медный колчедан (там же) | 4716 | 0,862 | 15,165 | 0,00373 |

Суммарный коэффициент теплоотдачи с поверхности горной выработки $\alpha_0$, кДж/(м$^2$·ч·К), находится их выражения

$$\alpha_0 = \alpha_к + \alpha_и,$$

где $\alpha_к$ - конвективный коэффициент теплоотдачи от стен выработки к воздуху, кДж/(м$^2$·ч·К)

$$\alpha_к = 2{,}9 \cdot 4{,}1868 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}} = 12{,}14 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}}$$

где $v$ - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $Д_э$ - эквивалентный диаметр выработки, м: $Д_э = \frac{4S}{P}$; $\alpha_и$ - коэффициент, учитывающий испарения влаги с мокрых стен выработки, кДж/(м$^2$·ч·К)

$\alpha_и = 1{,}3\beta \cdot r$ ,

где β - коэффициент массоотдачи (коэффициент испарения), кг/(м$^2$·ч·К), принимается равным 0,01 - для стволов, 0,15 - для капитальных выработок, 0,03 - для лав; $r$ - теплота парообразования воды, принимается $r$ = 2256 кДж/кг.

Температура горных пород в массиве $t_п$ , ºС, на заданной глубине $H$, м, от земной поверхности определяется по формулам:

$$t_п = h \cdot t_н + \frac{H - H_0}{Г_{ст}} \text{ или } t_п = h \cdot t_н + (H - H_0)\delta, \qquad (4.6)$$

где $t_п$ - температура пород нейтрального слоя (зоны с постоянной температурой пород) в данной местности; принимается примерно равной среднегодовой температуре воздуха на земной поверхности в данном районе, ºС; $t_н$ = 8,5; 2,5; 2,5; 3,0 °С для условий соответственно Донбасса, Кузбасса, Караганды и Мосбасса; $H_0$ - глубина (толщина) нейтрального слоя, м: $H_0$ = 20-40 м; $Г_{ст}$ - геотермическая ступень данного района, м/ºС: в среднем $Г_{ст}$ составляет для угольных месторождений 30–40 м/ ºС, рудных 50-140 м/ ºС, нефтяных 15-20 м/ ºС; δ - геотермический градиент, ºС/м.

***2. Тепловыделение при сжатии воздуха***. Количество теплоты $Q_{сж}$, кДж/ч, выделяющееся при движении воздуха вниз по вертикальным и наклонным выработкам, определяется выражением

$$Q_{сж} = 9{,}81 \cdot \rho \frac{V_в \cdot H}{1000} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_в \cdot H, \qquad (4.7)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $V_в$ - количество воздуха, проходящего по выработке (объемный часовой расход воздуха), м$^3$/ч: $V_в = 3600 \cdot v \cdot S$;

$v$ - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $S$ - площадь поперечного сечения выработки, м$^2$; $H$ - глубина расположения выработки, м; для наклонной выработки

$$H = l_н \cdot sin\,\psi, \tag{4.8}$$

где $l_н$ - длина наклонной выработки; $\psi$ - угол наклона выработки, град.

***3. Тепловыделение при окислительных процессах.*** Количество теплоты $Q_{ок}$, кДж/ч, образующееся при окислении угля, угленосных сланцев, сульфидных руд и древесины, подсчитывается по формуле А. Ф. Воропаева

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l, \tag{4.9}$$

где $q_{ок}$ - тепловыделение в результате окислительных процессов, приведенное к скорости движения воздуха в выработке, $V$ = 1 м/с, кДж/(м$^2$·ч); $q_{ок}$ можно принимать равным 12-21 кДж/(м$^2$·ч).

***4. Тепловыделение от местных источников.*** К местным источникам теплоты относят электродвигатели, трансформаторы, светильники, электрические кабели, трубопроводы сжатого воздуха, пневматические двигатели, другие тепловыделяющие машины, механизмы и устройства, а также работы, производимые с применением бетона на участке выработки или в призабойной зоне, когда тепло выделяется при его отвердении.

Расчетные формулы для определения количества теплоты от местных источников имеют следующий вид:

4.1. Тепловыделение при работе ***электродвигателей*** горных машин и освещения $Q_{эд}$, кДж/ч

$$Q_{эд} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot k_з}{\eta_э}, \tag{4.10}$$

где $N_{потр}$ - потребляемая мощность электродвигателей и осветительных установок, кВт; $k_з$ - коэффициент загрузки оборудования во времени: $k_з$ = 0,8; $\eta_э$ - к. п. д. электродвигателя: $\eta_э$ = 0,95.

4.2. Тепловыделение в выработку (ствол, уклон, бремсберг и др.) при эксплуатации ***лебедок*** $Q_л$, кДж/ч:

- при подъеме груза лебедкой $Q_{лп} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з(1 - \eta_м)$;

- при спуске груза лебедкой $Q_{лс} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з$.

где $N_л$ - установленная мощность электродвигателя лебедки, кВт; $\eta_м$ - механический к. п. д.: $\eta_м = 0{,}8$.

4.3. Тепловыделение при работе ***трансформатора*** $Q_{тр}$, кДж/ч

$$Q_{тр} = 3600 \cdot N_{тр} \cdot p_{тр}, \quad (4.11)$$

где $N_{тр}$ - мощность трансформатора, кВт; $p_{тр}$ - тепловые потери трансформатора: $p_{тр} = 0{,}04 \div 0{,}05$.

4.4. Тепловыделение при затвердевании монолитной ***бетонной крепи*** $Q_б$, кДж/ч

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц, \quad (4.12)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты при отвердевании бетона, кДж/(м$^2$·ч); принимается $q_б = 200 \div 400$ кДж/(м$^2$/ч); $P$ - периметр выработки, м; $l_ц$ - длина участка бетонирования, контактирующего с вентиляционной струей за один цикл проходки, м.

4.5. Тепловыделение при ***взрыве ВВ***. В выработке большого сечения при использовании более 100 кт ВВ тепловыделение при взрыве $Q_{взр}$, кДж/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{взр} = 0{,}8 \cdot q_{взр} \cdot m_з, \quad (4.13)$$

где $q_{взр}$ - удельное тепловыделение при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кт; $m_з$ - масса заряда, кг.

*Таблица 4.1*

**Рекомендуемые значения $q_{взр}$ для применяемых ВВ**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Аммонит ПЖВ-20 | 3360 | | Аммонит АП-5ЖВ | 3780 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Угленит Э-6 | 2570 | | Аммонит скальный №1 | 5400 |
| Победит ВП-4 | 3810 | | Аммонит № 6 ЖВ | 4290 |
| Аммонит АП-4ЖВ | 3560 | | Игданит | 3790 |

4.6. Тепловыделение при работе шахтных ***вентиляторов*** происходит в результате работы электродвигателя, внутренних потерь энергии в вентиляторе и аэродинамического сжатия воздуха. Количество теплоты $Q_{вен}$, кДж/ч, поступающее в выработку при работе вентилятора, выражается формулой

$$Q_{вен} = 3600 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{1000\eta_{ву}} = 3{,}6 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{\eta_{ву}}, \quad (4.14)$$

где $V_{вс}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (секундный расход), м$^3$/с; $h_в$ - депрессия выработки, Па;

$$h_в = \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^2}{S}, \quad (4.15)$$

где $\alpha_в$ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения выработки, Н·с$^2$/м$^4$ = Па· с$^2$/м$^2$; $P$, $l$, $S$ - периметр, длина и площадь поперечного сечения выработки, м, м, м$^2$; $v$ - средняя скорость движения воздуха по выработке, м/с;

$$\eta_{ву} = \eta_в \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п, \quad (4.16)$$

$\eta_в$ = 0,6÷0,8; $\eta_{дв}$ = 0,85÷0,95 и $\eta_п$ - к. п. д. соответственно вентиляторной установки, вентилятора, двигателя и редукторной ($\eta_п$ = 1) или ременной ($\eta_п$ = = 0,9÷0,95) передач.

Подставляя (4.15) в (4.16) и учитывая, что

$$V_{вс} = v \cdot S \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.17)$$

получим (кДж/ч)

$$Q_{вен} = 3{,}6 \cdot \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^3}{\eta_{ву}}. \quad (4.18)$$

4.7. Тепловыделение при работе ***людей*** $Q_л$, кДж/ч

$$Q_л = q_л \cdot n_л, \quad (4.19)$$

где $q_л$ - количество теплоты, выделяемое работающим человеком, кДж/ч·чел $q_л$ = 1050÷2500 кДж/ч·чел.; $n_л$ - число одновременно работающих людей в выработке.

***5. Общее тепловыделение*** в выработку $Q_{общ}$, кДж/ч, находится суммированием всех частных выделений теплоты

$$Q_{общ} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad (4.20)$$

## Способы искусственного охлаждения шахтного воздуха

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного («излишнего») количества теплоты от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смешения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха.

**Борьба с избыточным выделением теплоты в горные выработки ведется по нескольким направлениям:**

- предохранение воздуха от нагревания при его движении к местам потребления;
- охлаждение воздуха без применения специальных холодильных машин;
- охлаждение воздуха с применением холодильных машин (кондиционирование).

Способы предупреждения нагревания шахтного воздуха включают в себя следующее:

- увеличение количества подаваемого в выработки воздуха путем повышения мощности вентиляторных установок, увеличения скорости движения воздуха, расширения сечений воздухоподающих выработок;

- замена машин с электроприводам машинами с пневматическим приводом;
- тепло- и гидроизоляция стен выработок;
- теплоизоляция и тщательное уплотнение воздухоподающих трубопроводов;
- предупреждение возникновения интенсивных окислительных процессов;
- сокращение пути движения воздуха к местам потребления путем выбора соответствующей схемы проветривания, проведения дополнительных выработок и скважин;
- подача воздуха к местам потребления по специально пройденным выработкам, где скорость движения воздуха может быть существенно увеличена;
- замена восходящего проветривания очистных выработок нисходящим проветриванием (при соблюдении соответствующих требований ПБ).

**Для предотвращения нагревания воздуха без применения холодильных машин используются следующие способы:**

- осушение воздуха сорбентами, т. е. веществами, способными поглощать влагу из воздуха (например, хлористым кальцием);
- охлаждение воздуха льдом;
- охлаждение воздуха жидким воздухам, при испарении которого поглощается значительное количество теплоты;
- охлаждение воздуха сжатым воздухам (например, от пневмо-кондиционеров);
- охлаждение воздуха водой: путем непосредственного соприкосновения охлаждающей воды с воздухом либо через поверхность труб, где воздух охлаждается в специальных теплообменниках;

- пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы путем подвода воздуха к стволу по горизонтальным выработкам, пройденным на глубине среднегодовой температуры.

Наиболее эффективным является искусственное охлаждение воздуха в системах кондиционирования: в компрессорных и абсорбционных холодильных установках. Холодильные установки бывают передвижные и стационарные. Передвижные установки предназначены для охлаждения воздуха в тупиковых выработках или в отдаленных очистных забоях. Стационарные установки располагаются как на земной поверхности, так и в подземных условиях.

**Хладопроизводительность** (холодильная мощность) **отечественных шахтных холодильных агрегатов и кондиционеров составляет:**

- передвижных кондиционеров ВК-230 - 230 кВт, КПШ-3 – 105 кВт, КПШ-40 - 47 кВт, КПШ-40П с пневмоприводом - 52 кВт;
- турбокомпрессионных холодильных машин ШХТМ-1300 - 1500 кВт, ХТМФ-235М-2000 - 2325 кВт, ХТМФ-248-4000 - 4650 кВт;
- поршневой холодильной машины МФ-220-1РШ - 255 кВт;
- абсорбционной холодильной машины АБХА-2500-2В – 2800 кВт.

Для стационарной работы на поверхности используются машины ХТМФ-235-2000, ХТМФ-248-4000, АБХА-2500-2В, а машины ШХТМ-1300 и МФ-220-1РШ устанавливаются на глубоких горизонтах.

Охлаждение шахтного воздуха с применением холодильных машин становится необходимым, когда общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$ превышает тепловыделение в нее, допускаемое Правилами безопасности, $Q_{пб}$, т. е. при условии

$$Q_{общ} > Q_{пб}.$$

Поскольку эти количества теплоты описываются формулами:

$Q_{общ} = c_р \cdot \rho \cdot V_{теп} \cdot (t_{пб} - t_н)$ и $Q_{пб} = c_р \cdot \rho \cdot V_в \cdot (t_{пб} - t_н)$,

то критерий необходимости кондиционирования воздуха в выработке может быть записан в виде соотношения

$$V_{теп} > V_в,$$

где $V_{теп}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в выработку по тепловому фактору без охлаждения воздуха, м$^3$/ч;

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{c_р \cdot \rho \cdot \Delta t}, \quad (4.21)$$

где $c_р$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К) $c_р$ = 0,241 ккал/(кг·К)·4,1868 кДж/ккал = 1,009 кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $\Delta t$ - перепад температур между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухам, проходящим по выработке, К (°С):

для стволов $\Delta t = t_в - t_н$, для подземных выработок $\Delta t = t_п - t_в$.

При необходимости кондиционирования воздуха следует выбрать тип кондиционера, рассчитать потребное количество кондиционеров и проверить правильность их установки.

Требуемая хладопроизводительность кондиционера $N_к'$, кВт, находится по формуле

$$N_к^/ = \frac{c_h \cdot \rho \cdot V_d (t_н - t_{пб})}{3600} \quad (4.22)$$

К установке принимают кондиционер хладопроизводительностью

$N_К \geq N_К^/$

При установке кондиционера в выработке (обычно одного) температура смеси за кондиционером $t_{см}$ , °С (=К), определяется соотношением

$$t_{см} = t_п - 3600\frac{N_К}{C_р \cdot \rho \cdot V_в} \quad (4.23)$$

Достаточность установки кондиционера проверяется по условию

$t_{см} < t_в$

Если $t_{см} > t_в$, то необходимо установить более мощный кондиционер.

***Пример расчета.*** Исходные данные:

выработка - ствол шахты,

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 38{,}5$ м$^2$,

$r_э = 3{,}5$ м,

$d = d_э = 7$ м,

$P = \pi \cdot d = 22$ м,

$l = H = 1200$ м,

$\alpha = 0^o$,

$H_0 = 20$ м,

$\delta = \frac{1}{\Gamma_{ст}} = 0{,}035$ м/$^o$C,

порода - песчаник,

$\rho_п = 2400$ кг/м$^3$,

$c_п = 0{,}858$ кДж/(кг·К),

$\lambda = 9{,}21$ кДж/(м·ч·К),

$a = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п} = 0{,}00477$ м$^2$/ч,

v = 2 м/с,

$\tau = 7$ лет $= 7 \cdot 365 \cdot 24 = 61320$ ч,

$t_н = 8{,}5$ $^o$C,

$t_в = t_{пб} = 24$ $^o$C,

$N_{потр} = 100$ кВт,

$N_п = 90$ кВт,

$\alpha_б = 0{,}0040$ кгс·с$^2$/м$^4$ =

$= 0{,}0392$ Па· с$^2$/м$^2$,

$N_{тр} = 100$ кВт,

$n = 7$ человек.

Для обеспечения возможности выполнения расчета тепловыделений по приведенным выше формулам принимаем дополнительно следующие данные (параметры):

$\beta = 0{,}01$ кг/(м$^2$·ч·К),

$r = 2256$ кДж/кг,

$\rho = 1{,}25$ кг/м$^3$,

$q_{ок} = 16$ кДж/(м$^2$·ч),

$\kappa_з = 0{,}8$,

$\eta_{дв} = 0{,}95$,

$P_{тр} = 0{,}05$,

$q_б = 200$ кДж/(м$^2$·ч),

$l_ц = 5$ м,

$q_п = 2000$ кДж/(ч·чел),

$\eta_{ву} = \eta_у \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п = 0{,}7 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 = 0{,}56$,

$c_р = 1{,}009$ кДж/(кг·К).

Подсчитываем количества теплоты, выделяющиеся в выработку.

***1. Тепловыделение при охлаждении горных пород***

$$\alpha_k = 12.4 \cdot \frac{V^{0.8}}{d_э{}^{0.2}} = 12.4 \cdot \frac{2^{0.8}}{7^{0.2}} = 14.32, \text{кДж/(м}^2\text{·ч·К;}$$

$$\alpha_и = 1.3 \cdot \beta \cdot r = 1{,}3 \cdot 0{,}001 \cdot 2256 = 29{,}33, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_и = 14{,}32 + 29{,}33 = 43{,}65, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$K_т = \frac{\frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}}}{} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\left(1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}\right)}\right] =$$

$$\frac{9{,}211}{1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 3{,}5} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 0{,}00447 \cdot 61320}\left(1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}\right)}\right] = 1{,}57,$$

кДж/(м$^2$·ч·К);

$$t_п = t_Н + (H - H_0)\delta = 8{,}5 + (1200 - 20)0{,}035 = 50\ °C;$$

$$Q_{охл} = K_т \cdot P \cdot l(t_п - t_в) = 1{,}57 \cdot 22 \cdot 1200(50 - 24) = 107764 \text{ кДж/ч.}$$

***2. Тепловыделение при сжатии шахтного воздуха***

$$V_и = 3600 \cdot v \cdot S = 3600 \cdot 2 \cdot 38{,}5 = 277200 \text{ м}^3\text{/ч;}$$

$$Q_{сж} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_В \cdot H = 0{,}00981 \cdot 1.25 \cdot 277200 \cdot 1200 = 4078998$$

кДж/ч.

***3. Тепловыделение при окислительных процессах***

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l = 16 \cdot 2^{0,8} \cdot 22 \cdot 1200 = 735441 \text{ кДж/ч.}$$

***4. Тепловыделение от местных источников:***

- при работе электродвигателей горных машин и освещения

$$Q_{ЭД} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot K_з}{\eta_{ДВ}} = \frac{3600 \cdot 100 \cdot 0{,}8}{0{,}95} = 303158 \text{ кДж/ч;}$$

- при спуске груза лебедкой

$$Q_{ЛС} = 3600 \cdot N_п \cdot K_з = 3600 \cdot 90 \cdot 0{,}8 = 259200 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе трансформатора

$$Q_{ТР} = 3600 \cdot N_{ТР} \cdot P_{ТР} = 3600 \cdot 100 \cdot 0{,}5 = 18000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе шахтных вентиляторов

$$Q_{ВБН} = 3{,}6 \cdot \alpha_В \cdot P \cdot l \frac{V^3}{\eta_{ВУ}} = 3{,}6 \cdot 0{,}0392 \cdot 22 \cdot 1200 \frac{2^3}{0{,}565} = 52751 \text{ кДж/ч;}$$

- при затвердевании монолитной бетонной крепи

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц = 200 \cdot 22 \cdot 5 = 22000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе людей

$$Q_Л = q_л \cdot n_л = 2000 \cdot 7 = 14000 \text{ кДж/ч.}$$

***5. Общее тепловыделение в ствол***

$$Q_{общ} = \sum_{i-1}^{n} Q_i = Q_{охл} + Q_{сж} + Q_{ок} + Q_{эд} + Q_{лс} + Q_{тр} + Q_{вен} + Q_б + Q_л = 1077648 + 4078998 + 735441 + 303158 + 259200 + 18000 + 52751 + 22000 + 14000 = 6561196$$

кДж/ч.

Находим количество воздуха, необходимое для проветривания выработки по тепловому фактору без охлаждения воздуха

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{C_р \cdot \rho (t_{пб} - t_Н)} = \frac{6561196}{1{,}009 \cdot 1{,}25(24-8{,}5)} = 335611 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Проверяем условие достаточности расхода воздуха по тепловому фактору $V_{теп} \langle V_в$.

В рассматриваемом случае это условие не выполняется, так как

$$V_{теп} = 335611 < V_В = 277200$$

Следовательно, требуется искусственное охлаждение воздуха при помощи холодильных машин.

Определяем требуемую хладопроизводительность холодильной машины

$$N_к = \frac{C_р \cdot \rho \cdot V_В (t_П - t_{пб})}{3600} = \frac{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200(50-24)}{3600} = 2525 \text{ кВт.}$$

Принимаем $N_к$ = 2550 кВт. Температура смеси теплого и охлажденного воздуха за кондиционером составит

$$t_{см} = t_п - \frac{3600 \cdot N_k}{c_р \cdot \rho \cdot V_В} = 50 - \frac{3600 \cdot 2550}{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200} = 23{,}7$$

что удовлетворяет требованиям ПБ.

## Варианты заданий

Перечень вариантов заданий к расчету тепловыделений в горные выработки приведен в табл. 4.2.

*Таблица 4.2*

**Исходные данные для расчетов тепловыделений**

| | Величины | Номер варианта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Выработка | Штрек | | Уклон | | Квершлаг | | Бремберг | | Ствол | |
| 2 | $S$, м$^2$ | 8 | 10 | 7 | 6 | 12 | 14 | 10 | 12 | 44,2 | 33,2 |
| 3 | $P$, м | 11,8 | 13,2 | 11,0 | 10,2 | 14,4 | 15,6 | 13,2 | 14,4 | 23,6 | 20,4 |
| 4 | $L$, м | 900 | 1000 | 300 | 500 | 700 | 600 | 1000 | 900 | 1100 | 1200 |
| 5 | $\alpha$, ° | 6 | 8 | 40 | 50 | 10 | 8 | 15 | 20 | 90 | 90 |
| 6 | $H$, м | 800 | 900 | 600 | 700 | 1000 | 800 | 1200 | 1500 | 1100 | 1200 |

Продолжение табл. 4.2

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | $H_0$, м | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 30 | 35 | 28 | 30 |
| 8 | $\Gamma_{ст}$, м/°С | 30 | 25 | 26 | 27 | 31 | 29 | 32 | 28 | 34 | 27 |
| 9 | Порода | Бурый уголь | Каменный уголь | Каменный уголь | Каменный уголь | Песчаник | Песчаник | Каменный уголь | Каменный уголь | Глинистый и песчанистый сланец | Песчаник |
| 10 | $V$, м/с | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 0,5 |
| 11 | $\tau$, м/с | 3 | 2 | 6 | 8 | 5 | 9 | 10 | 7 | 6 | 4 |
| 12 | $t_н$, °С | 8,5 | 2,5 | 3,0 | 2,5 | 7,5 | 8,3 | 7,9 | 4,2 | 8,0 | 7,5 |
| 13 | $t_в = t_{пб}$, °С | 24 | 23 | 20 | 25 | 23 | 25 | 24 | 26 | 24 | 23 |
| 14 | $N_{потр}$, кВт | 70 | 60 | 50 | 40 | 100 | 90 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| 15 | $N_л$, кВт | - | - | 50 | 50 | - | - | - | - | - | 100 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | $N_{тр}$, кВт | 5 | 10 | - | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| 17 | $\alpha_в$, Па·с$^2$/м$^2$ | 0,017 | 0,019 | 0,018 | 0,016 | 0,015 | 0,014 | 0,013 | 0,020 | 0,049 | 0,049 |
| 18 | $n_л$, чел. | 7 | 6 | 3 | 3 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 8 |

## Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте климатические условия в горных выработках глубоких шахт.

2. Как осуществляется теплоотдача тела человека в окружающую среду?

3. Какой микроклимат в выработках глубоких шахт считается допустимым?

4. Перечислите виды (формы) нагревания воздуха, движущегося по горным выработкам.

5. Как выполняется тепловое кондиционирование воздуха в горных выработках?

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

**Цель работы** – ривить практические навыки в применении сигнальных цветов и знаков безопасности; изучить назначение, характеристики и порядок применения сигнальных цветов и знаков безопасности.

**Теоретические положения.**

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливает ГОСТ Р 12.4.026–01 [1].

Различают прямое психологическое воздействие цвета на челове- ка, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впе- чатление легкости или тяжести какого-либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Напри- мер, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, солн- цем, т. е. теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются те- плыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассо- циируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяются для окраски поверхностей конст- рукций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигналь- ные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов. Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

*Красный сигнальный цвет* применяется: для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности, обозначений от-

ключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находя- щихся в рабочем состоянии под напряжением, и обозначения пожарной техники.

*Желтый сигнальный цвет* используется: для предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низкие балки, выступы и перепады в полости пола, малозаметные ступени, пандусы), мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производствен- ного оборудования (открытые движущиеся части оборудования); кромок штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п. элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек и постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий; балконов и других мест, где возможно падение с высоты, емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50–100 мм в зависимости от размещения емкости; границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

*Зеленый сигнальный цвет* применяется для предписывающих знаков дверей и светового табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

*Синий сигнальный цвет* используется для указательных знаков. Символ на знаках безопасности – это простое, всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации

по безопасности. Знаки должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, обозначают, что зона их действия – все помещение. При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания с вышеуказанным ГОСТом. Они контрастно выделются на окружающем их фоне и находятся в поле зрения людей, для которых предназначены. На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет. Всего предусмотрено четыре группы знаков безопасности:

1 запрещающий (в виде круга);

2 предупреждающий (в виде треугольника);

3 предписывающий (в виде квадрата);

4 указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Для более полного усвоения формы символов на знаках и мест их установки следует дополнительно изучить раздел 3 ГОСТ Р 12.4.026-01 [1]. Для этого ниже дается необходимая выдержка из данного ГОСТа.

Стандарт не распространяется:

- на цвета, применяемые для световой сигнализации всех видов транспорта, транспортных средств и дорожного движения;
- цвета, знаки и маркировочные щитки баллонов, трубопроводов, емкостей для хранения и транспортирования газов и жидкостей;
- дорожные знаки и разметку, путевые и сигнальные знаки железных дорог, знаки для обеспечения безопасности движения всех видов транспорта (кроме знаков безопасности для подъемно-транспортных меха- низмов, внутризаводского, пассажирского и общественного транспорта);
- знаки и маркировку опасных грузов, грузовых единиц, требующих специальных условий транспортирования и хранения;

- знаки для электротехники.

Назначение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба без применения слов или с их минимальным количеством.

Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальную разметку следует применять для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и в иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по технике безопасности.

Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должна проводить организация-изготовитель. При необходимости дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.

Графические символы и поясняющие надписи на знаках безопасности отраслевого назначения, не предусмотренные настоящим стандартом, необходимо устанавливать в отраслевых стандартах, нормах, правилах с соблюдением требований настоящего стандарта.

**Назначение и правила применения сигнальных цветов.**

Стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Сигнальные цвета необходимо применять:

- для обозначения поверхностей, конструкций (или элементов конструкций), приспособлений, узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т. п., которые могут служить источниками опасности для лю- дей, поверхности ограждений и других защитных устройств, систем бло- кировок и т. п.;
- обозначения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов;
- знаков безопасности, сигнальной разметки, планов эвакуации и других визуальных средств обеспечения безопасности;
- светящихся (световых) средств безопасности (сигнальные лампы, табло и др.);
- обозначения пути эвакуации.

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета установлены в табл. 5.0.

***Красный сигнальный цвет следует применять:***

- для обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- внутренних поверхностей крышек (дверец) шкафов с открытыми токоведущими элементами оборудования, машин, механизмов и т. п. (если оборудование, машины, механизмы имеют красный цвет, то внутренние поверхности крышек (дверец) должны быть окрашены лакокрасочными

материалами желтого сигнального цвета);

- рукояток кранов аварийного сброса давления;

- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- обозначения различных видов пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов, требующих оперативного опознания (пожарные машины, наземные части гидрант-колонок, огнетушители, баллоны, устройства ручного пуска систем (установок) пожарной автоматики, средств оповещения, телефоны прямой связи с пожарной охраной, насосы, пожарные стенды, бочки для воды, ящики для песка, а также ведра, лопа- ты, топоры и т. п.);

- окантовки пожарных щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки – 30–100 мм (допускается выполнять окантовку пожарных щитов в виде чередующихся наклонных под углом 45–60° полос красного сигнального и белого контра- стного цветов);

- орнаментовки элементов строительных конструкций (стены, колонны) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т. п. Ширина полос – 150–300 мм. Полосы должны располагаться в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т. п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты;

- сигнальных ламп и табло с информацией, извещающей о нару- шении технологического процесса или нарушении условий безопасности:

«Тревога», «Неисправность» и др.;

- обозначения захватных устройств промышленных установок и промышленных роботов;

*Таблица 5.0*

**Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета**

| Сигнальный цвет | Смысловое значение | Область применения | Контрастный цвет |
|---|---|---|---|
| Красный | Непосредственная опасность<br>Аварийная или опасная ситуация<br>Пожарная техника, средства противо-пож. защиты, их элементы | Запрещение опасного поведения или действия.Обозначение непо-средственной опасности<br>Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (техноло- гического процесса)<br>Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов | Белый |
| Желтый | Возможная опас-ность | Обозначение возможной опасно- сти, опасной ситуации. Преду- преждение о возможной опасно-сти | Черный |
| Зеленый | Безопасность, безопасные усло-вия | Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном со- стоянии технологического про-цесса | Белый |
| | Помощь, спасение | Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи | |
| Синий | Предписание во избежание опасно-сти | Требование обязательных дейст- вий в целях обеспечения безо-пасности | Белый |
| | Указание | Разрешение определенных дей-ствий | |

- обозначения временных ограждений или элементов временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий, ям, котлованов, временных ограждений мест химического, бактериологического и радиационного загрязнения, а также ограждений других мест, зон, участков, вход на которые временно запрещен.

Поверхность временных ограждений должна быть целиком окра- шена красным сигнальным цветом или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы красного сигнального и белого контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос крас- ного и белого цветов от 1:1 до 1,5:1,0;

- запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности.

**Не допускается использовать красный сигнальный цвет:**

- для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты (их элементов), не требующих оперативного опознания (пожарные извещатели, пожарные трубопроводы, оросители установок пожаротушения и т. п.);

- на пути эвакуации во избежание путаницы и замешательства (кроме запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности).

**Желтый сигнальный цвет следует применять:**

а) для обозначения элементов строительных и иных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими: низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, мест, в которых существует опасность падения (кромки погрузочных платформ, грузовых поддонов, неогражденных площадок, люков, проемов и т. д.), сужений проездов, малозаметных распорок, узлов, колонн, стоек и опор в местах интенсивного движения внутризаводского транспорта и т. д.;

б) обозначения узлов и элементов оборудования, машин и механизмов, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для людей:

открытых движущихся узлов, кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих движущиеся элементы (шлифовальные круги, фрезы, зубчатые колеса, приводные ремни, цепи и т. п.), ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, а также постоянно подвешенных к потолку или стенам технологической арматуры и механизмов, выступающих в рабочее пространство;

в) обозначения опасных при эксплуатации элементов транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, площадок грузоподъемников, бамперов и боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек, поворотных платформ и боковых поверхностей стрел экскаваторов, захватов и площадок автопогрузчиков, рабочих органов сельскохозяйственных машин, элементов грузоподъемных кранов, обойм грузовых крюков и др.;

г) подвижных монтажных устройств, их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;

д) внутренних поверхностей крышек, дверец, кожухов и других ограждений, закрывающих места расположения движущихся узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, требующих периодического доступа для контроля, ремонта, регулировки и т. п.

Если указанные узлы и элементы закрыты съемными ограждениями, то окрашиванию лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета подлежат сами движущиеся узлы, элементы и (или) поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемые ограждениями;

е) постоянных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий: у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных ограждений лестниц, балконов, перекрытий и других мест, в которых возможно падение с высоты.

Поверхность ограждения должна быть целиком окрашена

лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

ж) обозначения емкостей и технологического оборудования, содержащих опасные или вредные вещества.

Поверхность емкости должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 50–300 мм в зависимости от размера емкости при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

з) обозначения площадей, которые должны быть всегда свободными на случай эвакуации (площадки у эвакуационных выходов и подходы к ним, возле мест подачи пожарной тревоги, возле мест подхода к средствам противопожарной защиты, средствам оповещения, пунктам оказания первой медицинской помощи, пожарным лестницам и др.).

Границы этих площадей должны быть обозначены сплошными линиями желтого сигнального цвета, а сами площади – чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина линий и полос – 50 – 100 мм;

и) предупреждающих знаков безопасности.

На поверхность объектов и элементов, перечисленных в а) и в), допускается наносить чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 50– 300 мм в зависимости от размера объекта и расстояния, с которого должно быть видно предупреждение.

Если оборудование, машины и механизмы окрашены лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета, то перечисления б) и д), их узлы и

элементы должны быть обозначены чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм в зависимости от размера узла (элемента) оборудования при соотношении ширины полос желтого и черного цветов от 1:1 до 1,5:1,0.

Для строительно-дорожных машин и подъемно-транспортного оборудования, которые могут находиться на проезжей части, допускается применять предупреждающую окраску в виде чередующихся красных и белых полос.

**Синий сигнальный цвет следует применять:**

- для окрашивания светящихся (световых) сигнальных индикаторов и других сигнальных устройств указательного или разрешающего назначения;
- предписывающих и указательных знаков безопасности.

**Зеленый сигнальный цвет следует применять:**

- для обозначения безопасности (безопасных мест, зон безопасного состояния);
- сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования, нормальном состоянии технологических процессов и т. п.;
- обозначения пути эвакуации;
- эвакуационных знаков безопасности и знаков безопасности медицинского и санитарного назначения.

**Характеристики сигнальных и контрастных цветов.**

Знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Знаки безопасности должны быть расположены таким образом, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимания и не создавали неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности, не загораживали проход, проезд, не препятствовали перемещению грузов.

Знаки безопасности, размещенные на воротах и на (над) входных(ми) дверях(ми) помещений, означают, что зона действия этих знаков

распространяется на всю территорию и площадь за воротами и дверями.

Размещение знаков безопасности на воротах и дверях следует выполнять таким образом, чтобы зрительное восприятие знака не зависело от положения ворот или дверей (открыто, закрыто). Эвакуационные знаки безопасности Е 22 «Выход» и Е 23 «Запасный выход» должны размещаться только над дверями, ведущими к выходу.

Знаки безопасности, установленные у въезда (входа) на объект (участок), означают, что их действие распространяется на объект (участок) в целом.

При необходимости ограничить зону действия знака безопасности соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи на дополнительном знаке.

Знаки безопасности, изготовленные на основе несветящихся материалов, следует применять в условиях хорошего и достаточного освеще- ния.

Знаки безопасности с внешним или внутренним освещением следует применять в условиях отсутствия или недостаточного освещения.

Световозвращающие знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в местах, где отсутствует освещение или имеется низкий уровень фонового освещения (менее 20 лк по СНиП 23-05-95): при проведении работ с использованием индивидуальных источников света, фонарей (например, в туннелях, шахтах и т. п.), а также для обеспечения безопасности при проведении работ на дорогах, автомобильных трассах, в аэропортах и т. п.

Фотолюминесцентные знаки безопасности следует применять там, где возможно аварийное отключение источников света, а также в качестве элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем для обеспечения самостоятельного выхода людей из опасных зон в случае возникновения аварий, пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Для возбуждения фотолюминесцентного свечения знаков безопасности необходимо наличие в помещении, где они установлены, искусст- венного или естественного освещения.

Освещенность поверхности фотолюминесцентных знаков безопасности источниками света должна быть не менее 25 лк.

**Основные и дополнительные знаки безопасности.**

Основные знаки безопасности необходимо разделять на следующие группы: запрещающие знаки; предупреждающие знаки; знаки пожарной безопасности; предписывающие знаки; эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения; указательные знаки.

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности должны соответствовать приведенным в  табл. 5.1

*Таблица 5.1*

**Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности**

| Группа | Геометрическая форма <*> | Сигнальный цвет | Смысловое значение |
|---|---|---|---|
| Запрещающие знаки | Круг с поперечной полосой | Красный | Запрещение опасного пове- дения или действия |
| Предупреждающие знаки | Треугольник | Желтый | Предупреждение о возмож- ной опасности. Осторож- ность. Внимание |
| Предписывающие знаки | Круг | Синий | Предписание обязательных действий во избежание опасности |
| Знаки пожарной безопасности <**> | Квадрат или прямоугольник | Красный | Обозначение и указание мест нахождения средств проти- вопожарной защиты, их эле- ментов |
| Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения | Квадрат или прямоугольник | Зеленый | Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности |
| Указательные знаки | Квадрат или прямоугольник | Синий | Разрешение. Указание. Над- пись или информация |

Примечание: <*> Рисунки не приводятся. <**> К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: P 01 «Запрещается курить», P 02 «Запрещается пользо- ваться открытым огнем», P 04 «Запрещается тушить водой», P 12 «Запрещается загромождать проходы (или) складировать» (табл. 5.2);
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества», W 02 «Взрывоопасно», W 11

«Пожароопасно. Окислитель» (табл. 5.3).

*Таблица 5.2*

**Запрещающие знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 01 | | Запрещается курить | Использовать, когда курение мо- жет стать причиной пожара. На дверях и стенах помещений, уча- стках, где имеются горючие и лег- ковоспламеняющиеся вещества, или в помещениях, где курить за- прещается |
| Р 02 | | Запрещается пользоваться от- крытым огнем и курить | Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать при- чиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, ра- бочих местах, емкостях, производ- ственной таре |
| Р 03 | | Проход запрещен | У входа в опасные зоны, помеще- ния, участки и др. |
| Р 04 | | Запрещается тушить водой | В местах расположения электро- оборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара |
| Р 05 | | Запрещается использовать в качестве питьевой воды | На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, не- пригодной для питья и бытовых нужд |
| Р 06 | | Доступ посторонним запрещен | На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обо- значения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначе- ния служебного входа (прохода) |

Продолжение таблицы 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 07 | | Запрещается движение средств наполь- ного транспорта | В местах, где запрещается применять средства напольного транс- порта (например, погрузчики или напольные транспортеры) |
| Р 08 | | Запрещается прикасаться. Опасно | На оборудовании (узлах оборудо- вания), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно |
| Р 09 | | Запрещается прикасаться. Корпус под на- пряжением | На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность пора- жения электрическим током |
| Р 10 | | Не включать! | На пультах управления и включе- ния оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладоч- ных работах |
| Р 11 | | Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности | В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находить- ся людям с вживленными стиму- ляторами сердечной деятельности |
| Р 12 | | Запрещается за- громождать про- ходы и (или) складировать | На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств про- тивопожарной защиты, аптечек первой медицинской помощи и других местах |
| Р 13 | | Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров) | На дверях грузовых лифтов и дру- гих подъемных механизмов |

Продолжение табл. 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 14 | | Запрещается вход (проход) с животными | На воротах и дверях зданий, со- оружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запре- щен вход (проход) вместе с жи- вотными |
| Р 16 | | Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантанты | На местах, участках и оборудова- нии, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантантами |
| Р 17 | | Запрещается разбрызгивать воду | На местах и участках, где запре- щено разбрызгивать воду |
| Р 18 | | Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией | На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имею- щими собственные радиочастот- ные электромагнитные поля |
| Р 21 | | Запрещение (прочие опасности или опасные действия) | Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью |
| Р 27 | | Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.) | При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена |
| Р 30 | | Запрещается принимать пищу | На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расшире- на |

Окончание табл. 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| P 32 | | Запрещается подходить к элементам оборудования с маховыми движениями большой амплитуды | На оборудовании и рабочих местах по обслуживанию оборудования с элементами, выполняющими маховые движения большой амплитуды |
| P 33 | | Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упа- ковка) | На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы |
| P 34 | | Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей | На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмах. Знак входит в состав группового знака безопасности «При пожаре лифтом не пользоваться, выходить по лестнице» |

*Таблица 5.3*

## Предупреждающие знаки

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 01 | | Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества | Использовать для привлечения внимания к помещениям с легковоспламеняющимися веществами. На входных дверях, дверцах шкафов, емкостях и т. д. |

Продолжение табл.5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 02 | | Взрывоопасно | Использовать для привлечения внимания к взрыво- опасным веществам, а так- же к помещениям и участ- кам. На входных дверях, стенах помещений, дверцах шкафов и т. д. |
| W 03 | | Опасно. Ядовитые ве- щества | В местах хранения, выделения, производства и применения ядовитых веществ |
| W 04 | | Опасно. Едкие и корро- зионные вещества | В местах хранения, выде- ления, производства и применения едких и корро- зионных веществ |
| W 05 | | Опасно. Радиоактивные вещества или ионизи- рующее излучение | На дверях помещений, дверцах шкафов и в других местах, где находятся и применяются радиоактивные вещества или имеется ионизирующее излучение. Допускается применять знак радиационной опасно- сти по ГОСТ 17925 |
| W 06 | | Опасно. Возможно падение груза | Вблизи опасных зон, где используется подъемно-транспортное оборудование |
| W 07 | | Внимание. Автопогруз- чик | В помещениях и на участках, где проводятся погрузочно-разгрузочные работы |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 08 | | Опасность поражения электрическим током | На опорах линий электропередачи, электрооборудовании и приборах, дверцах силовых щитков, на элек-тротехнических панелях и шкафах, а также на ограж- дениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов |
| W 09 | | Внимание. Опасность (прочие опасности) | Применять для привлече- ния внимания к прочим ви- дам опасности, не обозна- ченной настоящим стан- дартом. Знак необходимо использовать вместе с дополнительным знаком безопасности с поясняю- щей надписью |
| W 10 | | Опасно. Лазерное излу- чение | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеет- ся лазерное излучение |
| W 11 | | Пожароопасно. Окисли- тель | На дверях помещений, дверцах шкафов для привлечения внимания на наличие окислителя |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 12 | | Внимание. Электромагнитное поле | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют электромагнитные поля |
| W 13 | | Внимание. Магнитное поле | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют магнитные поля |
| W 14 | | Осторожно. Малозаметное препятствие | В местах, где имеются малозаметные препятствия, о которые можно споткнуться |
| W 15 | | Осторожно. Возможность падения с высоты | Перед входом на опасные участки и в местах, где возможно падение с высоты |
| W 16 | | Осторожно. Биологическая опасность (инфекционные вещества) | В местах хранения, производства или применения вредных для здоровья биологических веществ |
| W 17 | | Осторожно. Холод | На дверцах холодильников и морозильных камер, компрессорных агрегатах и других холодильных аппаратах |
| W 18 | | Осторожно. Вредные для здоровья аллергические (раздражающие) вещества | В местах хранения, произ- водства или применения вредных для здоровья аллергических (раздражающих) веществ |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 19 | | Газовый баллон | На газовых баллонах, скла- дах и участках хранения и применения сжатых или сжиженных газов. Цвет баллона черный или белый, выбирается по ГОСТ 19433 |
| W 20 | | Осторожно. Аккумуля- торные батареи | В помещениях и на участках изготовления, хранения и применения аккумуля- торных батарей |
| W 22 | | Осторожно. Режущие валы | На участках работ и оборудовании, имеющем незащищенные режущие валы |
| W 23 | | Внимание. Опасность зажима | На дверцах турникетов и шлагбаумах |
| W 24 | | Осторожно. Возможно опрокидывание | На дорогах, рампах, складах, участках, где возможно опрокидывание внутризаводского транспорта |
| W 25 | | Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования | На рабочих местах, оборудовании или отдельных узлах оборудования с автоматическим включением |
| W 26 | | Осторожно. Горячая поверхность | На рабочих местах и обо-рудовании, имеющем на-гретые поверхности |

Окончание табл.5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 27 | | Осторожно. Возможно травмирование рук | На оборудовании, узлах оборудования, крышках и дверцах, где возможно получить травму рук |
| W 28 | | Осторожно. Скользко | На территории и участках, где имеются скользкие места |
| 29 | | Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элемен- тами | На рабочих местах и обо- рудовании, имеющем вра- щающиеся элементы, на- пример на валковых мель- ницах |
| W 30 | | Осторожно. Сужение проезда (прохода) | На территориях, участках, в цехах и складах, где имеются сужения прохода (проезда) или присутствуют выступающие конструкции, затрудняющие проход (проезд) |

*Таблица 5.4*

**Предписывающие знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению |
|---|---|---|---|
| M 01 | | Работать в защитных очках | На рабочих местах и участках, где требуется защита органов зрения |

Продолжение табл. 5.4

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| М 02 | | Работать в защитной каске (шлеме) | На рабочих местах и участках, где требуется защита головы |
| М 03 | | Работать в защитных наушниках | На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума |
| М 04 | | Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания | На рабочих местах и участках, где требуется защита органов дыхания |
| М 05 | | Работать в защитной обуви | На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты |
| М 06 | | Работать в защитных перчатках | На рабочих местах и участках работ, где требуется защита рук от воздействия вредных или агрессивных сред, защита от возможного поражения электрическим током |
| М07 | | Работать в защитной одежде | На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной зашиты |
| М 08 | | Работать в защитном щитке | На рабочих местах и участках, где необходима защита лица и органов зрения |

Продолжение табл. 5.4

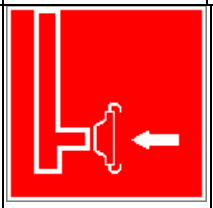
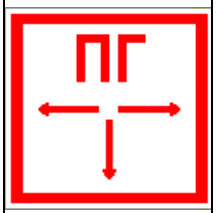
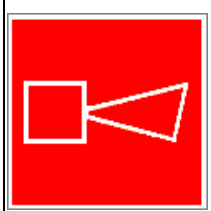
| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| М 09 | | Работать в предохранительном (страховочном) поясе | На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов |
| М 10 | | Проход здесь | На территориях и участках, где разрешается проход |
| М 11 | | Общий предписывающий знак (прочие предписания) | Для предписаний, не обозначенных настоящим стандартом. Знак необходимо применять вместе с поясняющей надписью на дополнительном знаке безопасности |
| М 12 | | Переходить по надземному переходу | На участках и территориях, где установлены надземные переходы |
| М 13 | | Отключить штепсельную вилку | На рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях |
| М 14 | | Отключить перед работой | На рабочих местах и оборудовании при проведении ремонтных или пусконаладочных работ |
| М 15 | | Курить здесь | Используется для обозначения места курения на производственных объектах |

*Таблица 5.5*

**Знаки пожарной безопасности**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| F 01-01 | | Направляющая стрелка | Использовать только вместе с другими знаками пожар- ной безопасности для указания направления движе- ния к месту нахождения (размещения) средства противопожарной зашиты |
| F 01-02 | | Направляющая стрелка под углом 45° | Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты |
| F 02 | | Пожарный кран | В местах нахождения комплекта пожарного крана с пожарным рукавом и стволом |
| F 03 | | Пожарная лестница | В местах нахождения пожарной лестницы |
| F 04 | | Огнетушитель | В местах размещения огнетушителя |
| F 05 | | Телефон для использования при пожаре | В местах размещения телефона, по которому мож- но вызвать пожарную охрану |

Продолжение табл. 5.5

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| F 06 | | Место размещения нескольких средств противопожарной защиты | В местах одновременного нахождения (размещения) нескольких средств противопожарной защиты |
| F 07 | | Пожарный водоисточник | В местах нахождения пожарного водоема или пир- са для пожарных машин |
| F 08 |  | Пожарный сухотрубный стояк | В местах нахождения пожарного сухотрубного стояка |
| F 09 |  | Пожарный гидрант | У мест нахождения подземных пожарных гидран- тов. На знаке должны быть цифры, обозначающие расстояние от знака до гидранта в метрах |
| F 10 | | Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики | В местах ручного пуска установок пожарной сигна- лизации, пожаротушения и (или) систем противодым- ной защиты.<br>В местах (пунктах) подачи сигнала пожарной тревоги |
| F 11 |  | Звуковой оповещатель пожарной тревоги | В местах нахождения зву- кового оповещателя или совместно со знаком F 10 «Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики» |

К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы и (или) складировать»;
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11 «Пожароопасно. Окислитель»;
- эвакуационные знаки;

*Таблица 5.6*

**Эвакуационные знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 01-01 | | Выход здесь (левосторонний) | Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с левой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуа- ционному выходу |
| Е 01-02 | | Выход здесь (правосторонний) | Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с правой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 02-01 | | Направляющая стрелка | Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения |

Продолжение табл.5.6

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 02-02 | | Направляющая стрелка под углом 45° | Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения |
| Е 03 | | Направление к эвакуационному выходу на- право | На стенах помещений для указаниянаправления движения к эвакуационному выходу |
| Е 04 | | Направление к эвакуационному выходу налево | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 05 | | Направление к эвакуационному выходу направо вверх | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 06 | | Направление к эвакуационному выходу нале- во вверх | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плос- кости |
| Е 07 | | Направление к эвакуационному выходу на- право вниз | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 08 | | Направление к эвакуационному выходу налево вниз | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 09 | | Указатель двери эвакуа- ционного выхода | Над дверями эвакуацион- ных выходов |

Продолжение табл. 5.6.

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 10 | | Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний) | Над дверями эвакуационных выходов |
| Е 11 | | Направление к эвакуационному выходу прямо | Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или под- вешивается к потолку |
| Е 12 | | Направление к эвакуационному выходу прямо | Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку |
| Е 13 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 14 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 15 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 16 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 17 | | Для доступа вскрыть здесь | На дверях, стенах помеще- ний и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную кон- струкцию, например раз- бить стеклянную панель |

Продолжение табл. 5.6.

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 18 | | Открывать движением от себя | На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей |
| Е 19 | | Открывать движением на себя | На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей |
| Е 20 | | Для открывания сдви- нуть | На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей |
| Е 21 | | Пункт (место) сбора | На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации |
| Е 22 | | Указатель выхода | Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 23 | | Указатель запасного выхода | Над дверями запасного выхода |

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

*Таблица 5.7*

**Знаки медицинского и санитарного назначения**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по при-менению |
|---|---|---|---|
| ЕС 01 | | Аптечка первой медицинской помощи | На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи |
| ЕС 02 | | Средства выноса (эвакуации) пораженных | На дверях и стенах помещений в местах размеще- ния средств выноса (эва- куации) пораженных |
| ЕС 03 | | Пункт приема гигиенических процедур (душевые) | На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п. |
| ЕС 04 | | Пункт обработки глаз | На дверях и стенах поме- щений в местах располо- жения пункта обработки глаз |
| ЕС 05 | | Медицинский кабинет | На дверях медицинских кабинетов |
| ЕС 06 | | Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью) | В местах установки телефонов |

*Таблица 5.8.*

**Указательные знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению |
|---|---|---|---|
| D 01 | | Пункт(место) приема пищи | На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разре- шается прием пиши |
| D 02 | | Питьевая вода | На дверях бытовых помещений и в местах распо- ложения кранов с водой, пригодной для питья и бы- товых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.) |
| D 03 | | Место курения | Используется для обозначения места курения на общественных объектах |

**Порядок выполнения работы**

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняю- щие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надпи- сей.

4. Показать отчет преподавателю.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и реко- мендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

**Цель задания -** ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

**Порядок выполнения задания:**

а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;

б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);

в)изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

**Общие сведения о несчастных случаях.**

**Несчастным случаем** на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

**Опасным** называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

**Вредным** называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);

б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);

в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);

г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);

д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособно-сти);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

**Методы анализа показателей травматизма**

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

**Статистический метод** позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные произ-водственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1ООО работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_x \cdot \frac{1000}{P_c},$$

где Кч - коэффициент частоты травматизма; Т - число учтенных травм с потерей трудоспособности; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособно-сти, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$\text{К}_\text{Т} = \frac{\text{Д}}{\text{Т}},$$

где Кт - коэффициент тяжести травматизма; Д - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и оп-ределяется по формуле:

$$В = 22{,}5 \cdot \frac{12}{Т},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекодней приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{ср} = 22{,}5 \cdot 12 \cdot \frac{P_c}{T},$$

где Вср - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$О_р = К_Т \cdot Т_х \cdot \frac{100}{Р_с \cdot М \cdot 22{,}5},$$

где Ор - коэффициент опасности работ; Кт - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

**Исходные данные для расчета показателей травматизма**

| Показатели | Варианты | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 |
| Отчетный период, мес. (М) | | | | 2 | | | | 2 | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Число несчастных случаев (Т) | | | | 0 | | | | 1 | | |
| Число дней нетрудоспособности (Д) | 80 | 00 | 80 | 20 | 00 | 50 | 70 | 20 | 60 | 00 |
| Среднесписочное числоработающих (Рс) | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на органи-зационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

**Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2**

1. Что такое несчастный случай?

2. Что такое опасный производственный фактор?

3. Что такое вредный производственный фактор?

4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?

5. Какие различают разновидности производственных травм?

6. Какие выделяют категории производственных травм?

7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?

8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?

9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?

10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?

11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?

12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?

13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?

14. Как определяется коэффициент опасности работ?

15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?

16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?

17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

**Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях**

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного

Постановлением Министерства труда и социального раз-вития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

**Несчастный случай на производстве** - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

**Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве** - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

**Бытовые несчастные случаи** - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);

- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение вре-мени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если

несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими произ-водственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем

соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;

- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и

распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая,

тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исхо-дом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

**Контрольные вопросы к пункту 3**

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?
2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?
3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?
4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного

случая на произ-водстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и уче-та несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводя-щей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

Форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

_____
(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"__" _____ 200_ г.

Печать

АКТ N ____
О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Дата и время несчастного случая _____
_____
(число, месяц, год и время происшествия
несчастного случая,
_____
количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является
(являлся) пострадавший _____
(наименование, место нахождения,
юридический адрес, ведомственная
и отраслевая
_____
принадлежность (ОКОНХ основного вида деятельности);
фамилия, инициалы работодателя -
_____
физического лица)
Наименование структурного подразделения _____
_____
3. Организация, направившая работника _____
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес,
отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:
_____
(фамилия, инициалы, должности и место работы)
_____
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество _____
пол (мужской, женский) _____
дата рождения _____
профессиональный статус _____
профессия (должность) _____
стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай
_____,
(число полных лет и месяцев)
в том числе в данной организации _____
(число полных лет и месяцев)
6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда
Вводный инструктаж _____
(число, месяц, год)
Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый,

---------- -------
(нужное подчеркнуть)
целевой)
--------

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год)
Стажировка: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г.
_____
(если не проводилась - указать)
Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г. _____
(если не проводилось - указать)
Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год, N протокола)
7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай
_____
(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных
_____
факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)
_____
Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю
_____
(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)
8. Обстоятельства несчастного случая
_____
(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий
_____
и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,
_____
установленные в ходе расследования)
_____
_____
_____
8.1. Вид происшествия _____
_____
8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья
_____
8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____
(нет, да - указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по
_____
результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)
8.4. Очевидцы несчастного случая _____
_____
(фамилия, инициалы, постоянное место жительства,

домашний телефон)
9. Причины несчастного случая _____
(указать основную
и сопутствующие причины
_____
несчастного случая со ссылками на нарушенные требования
законодательных и иных
_____
нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)
_____
_____
_____
_____
10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:
_____
(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием
требований законодательных,
_____
иных нормативных правовых и локальных нормативных актов,
предусматривающих их
_____
ответственность за нарушения, явившиеся причинами
несчастного случая, указанными в п. 9
_____
настоящего акта; при установлении факта грубой
неосторожности пострадавшего указать
_____
степень его вины в процентах)
_____
Организация (работодатель), работниками которой являются данные
лица
_____
(наименование, адрес)
11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)
_____

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. ГОСТ 12.О.ОО2 - 8О. Термины и определения.
2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях
3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

**Цель работы** – ознакомиться со средствами защиты органов ды- хания и получить практические навыки их использования.

**Теоретические положения**

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

*По принципу применения* средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);

– средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

*По объектам защиты* средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты органов дыхания;

– средства защиты кожи.

*По принципу действия* средства индивидуальной защиты делятся:

– на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);

– изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

*По способу подачи воздуха* различают средства индивидуальной

защиты делятся:

– с принудительной подачей воздуха;

– самовсасывающие.

*По кратности использования* средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;

- СИЗ однократного использования.

*По способу изготовления* средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;

- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов. Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

**Средства защиты органов дыхания.**

**Фильтрующий противогаз.**

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

*Гражданский противогаз (ГП-5).* В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.

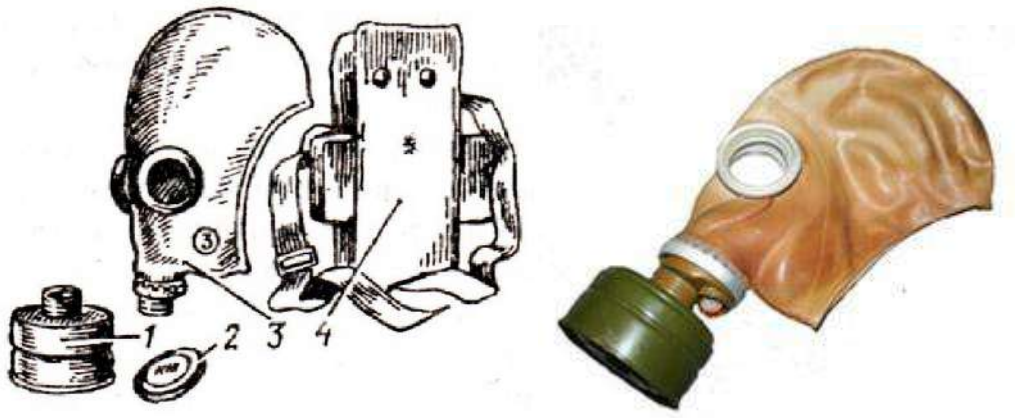



Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 °С. Манжета надевается на обойму очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нуж- но проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе- поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600 г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2]. «Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.

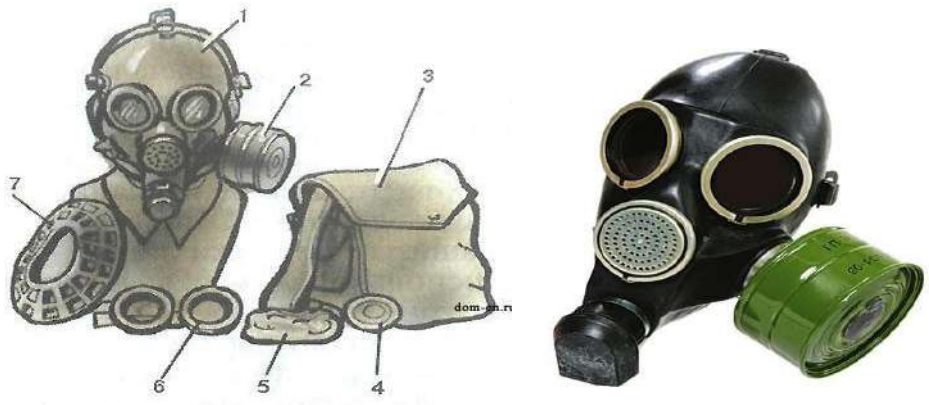



*Рис. 7.2.* Противогаз ГП-7:

*1* – лицевая часть; *2* – фильтрующе-поглощающая коробка; *3* – сумка; *4* – коробка с незапотевающими пленками; *5* – трикотажный чехол; *6* – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях он обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общеядовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соедине- ний (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно- нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой час- ти на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основа- нии результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

**Правила определения размера противогаза.**

Для определения размера противогаза нужно знать горизонталь- ный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством из- мерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы послед- няя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмот- реть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембра- ны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

*Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3* (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МГП-В имеет устройство для приема воды, пред- ставляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и приме- сей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.

*а* *б* *в* *г*

*д* *е* *ж*

Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

*а* – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; г – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

*Таблица 7.0*

**Типоразмеры противогазов**

| Рост лицевой части | | 1 | | 2 | | 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Положение упоров лямок | ГП-7, ГП-7В | 4-8-8 | 3-7-8 | 3-7-8 | 3-6-7 | 3-6-7 | 3-5-6 | 3-4-5 |
| | ГП-7ВМ | 4-8-6 | 3-7-6 | 3-7-6 | 3-6-5 | 3-6-5 | 3-5-4 | 3-4-3 |
| Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы | | До 1185 | 1190–1210 | 121–1235 | 1240–1260 | 1265–1285 | 1290–1310 | 1310 и более |

*Примечание. П*оложение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опас- ных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 $^{o}$C (циклогек- сан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соеди- нения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

*Промышленные противогазы.* Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилена. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).

ППФМ-92 ПФМГ-96 ПФСГ-98 ППФ-95

*Рис. 7.4.* Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и парооб- разных веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабо- чих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воз- действия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

*Таблица 7.1*

**Характеристика промышленных противогазов**

| Марка противогаза | Маркировка и окраска | Соединения, от которых защищают ПП |
|---|---|---|
| А | Коричневая | Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты) |

Продолжение табл. 7.1

| Марка противогаза | Маркировка и окраска | Соединения, от которых защищают ПП |
|---|---|---|
| В | Желтая | Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты |
| Г | Черно-желтая | Пары ртути и ртутьорганическе ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида |
| Е | Черная | Гидрид мышьяка и гидрид фосфора |
| К | Зеленая | Аммиак, а также пыль, дым, туман |
| КД | Серая, с бе- лой поло- сой | Аммиак и сероводород |
| БКФ | Защитная, с белой полосой | Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман |
| СО | Белая | Оксид углерода |
| М | Красная | Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, керо- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи) |
| П-2У | Красная с белой поло- сой | Пары карбонилов никеля и железа, оксид углерода и со-путствующие аэрозоли |
| Б | Синяя | Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди-этилдекаборан и их аэрозоли |
| УМ | Защитная | Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол |
| ГФ | Голубая | Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли |

**Пользование противогазом.** Подобрав шлем-маску, ее обязательно

примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе- поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

– снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;

– убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко

– зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);

– вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки пришлись против глаз (ГП-5, ГП-5М);

– для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;

– сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;

– надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

**Дополнительные патроны**

В результате развития химической и нефтехимической промышленности

в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

**Изолирующие противогазы.** Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.

ИП-4М ИП-6 ПДА-3М

Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Грантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплектуются возду- ходводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

**Респираторы.**

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.

Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас- тра 2»; ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

***противоаэрозольные*** – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах ис- пользуют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стой- костью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрую- щими свойствами;

***противогазовые*** – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтрпатроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

***универсальные*** – одновременно защищают от аэрозолей и отдель- ных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противо- газовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок- ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

***фильтрующие маски*** – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

***патронные*** – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респи- раторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух прохо- дит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразо- вого (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их много- кратная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску- фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабо- чем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем со- стоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резино- вого шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатиче- скому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На го- лове респиратор крепят четырьмя шнурами.

*Противоаэрозольные респираторы*. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

*Респиратор противопылевый У-2К (в гражданской обороне Р-2)* обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.

*Рис. 7.7.* Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющихся на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладо- нью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных ве- ществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксицидов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).

Ф-62Ш

ФА-2002

Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

**Универсальные респираторы**

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).

Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м$^3$.

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышаю-

щих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняю- щиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).

Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегала шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными вещест- вами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.

*а* *б* *в* *г*

Рис. 9.11. Самоспасатели:

а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

*Порядок выполнения работы*

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

*Таблица 7.3*

**Виды и назначение противогазов**

| Наименование и марка | Назначение, вид веществ, от которых защищает | Комплектация | Примечание* |
|---|---|---|---|
| Фильтрующие противогазы | | | |
| Гражданские | | | |
| ГП-5 | | | |
| … | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| … т. д. | | | |

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности мар- ки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.

4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.

6. Показать отчет преподавателю.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрез- вычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.

5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противога- зы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.

6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

**Наименование работы:** Действия населения при ЧС военного характера.

**Цель:** изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

**Время:** 4 часа

**Материально-техническое обеспечение:** инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

**Методика выполнения**

**Задание:**

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.

2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.

3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.

4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.

5. Заполнить таблицу.

| № | ЧС | Опасность | Поражающие факторы | Основные средства защиты |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**Ядерное оружие** – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства

индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготовляемые обычно силами самого населения.

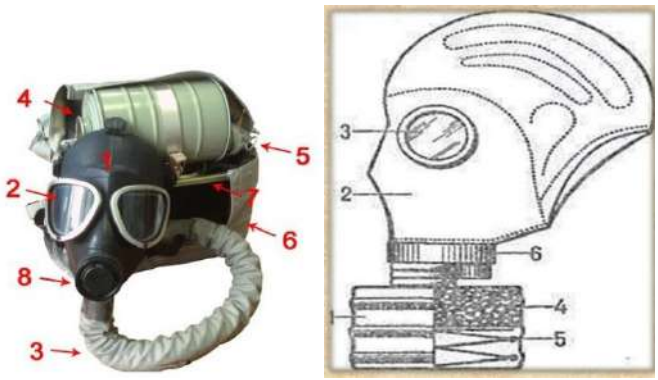



Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.

Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соеденительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

**Порядок надевания противогаза:**

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.

2. Закрыть глаза.

3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.

4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

**Снятие:**

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

*Таблица 8.0*

**Подбор размера противогаза**

| Обхват головы | Размер противогаза |
|---|---|
| До 63 | 0 |
| 63,5-65,5 | 1 |
| 66-68 | 2 |
| 68,5-70,5 | 3 |
| 71 и более | 4 |

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

**Респиратор** представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном),

оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготовляются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).

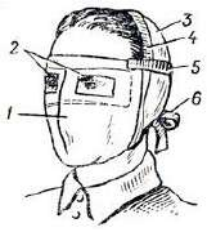



Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

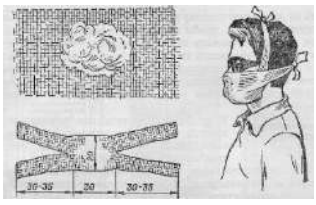


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготовляется из куска марли размером 100 х50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длинной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в

виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.

Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очкизащищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К **средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК)** относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.

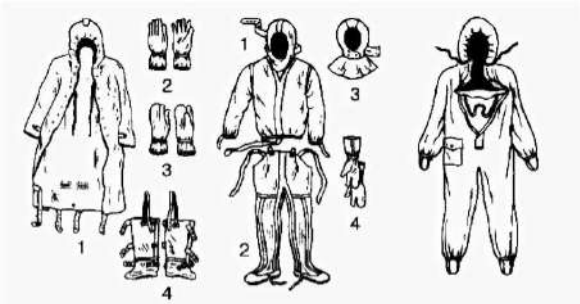


*Рис. 7.* Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

*Рис. 8.* Легкий защитный костюм Л-1: 1 — рубаха с капюшоном; 2 — брюки с защитными чулками; 3 — подшлемник; 4 — перчатки

Комплект защитной фильтрующей одежды

Рис. 8.6 Защитный костюм

**Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК)** предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульсирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы $SO_2$,$NH_4$,далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° С), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая,перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летную жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмораживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ччерез один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .

Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье. уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

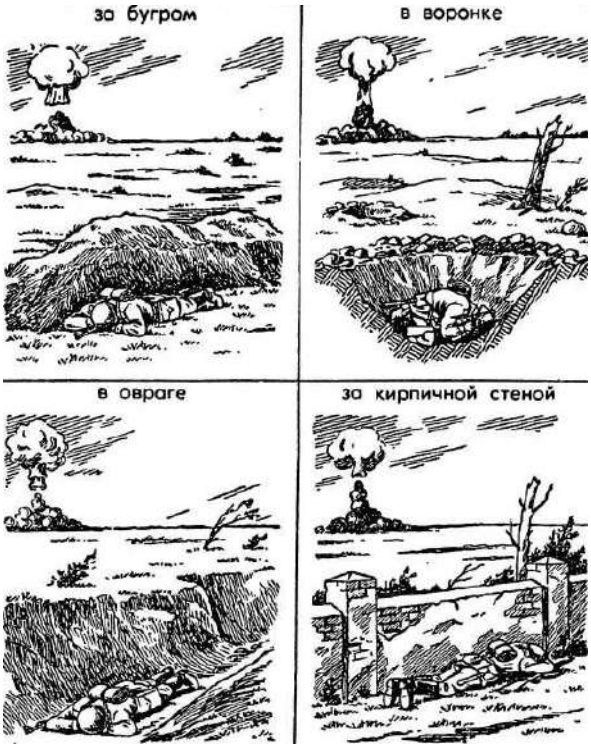



Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пиши должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут всторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно м служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам,тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территорииподвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием питии должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить их своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

**Дезинфекция** имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

**Дезинсекция и дератизация**-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаленным утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите СИЗОД.

2. Перечислите СИЗ кожи.

3. Назовите порядок изготовления ВМП.

4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?

5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?

6. Что относится к основным средством защиты населения от биологического оружия?

7.Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?

8. Какие действия предполагает санитарная обработка?

9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.

2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

# Б1.О.04 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

***21.05.04 Горное дело***

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА……..…..4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ……..……....….5
ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ……...……..5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ……...5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ……...……..5
ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ…….5
УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ…….5
СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ…….,……..5
НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА……. ……..5
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА…….…… ……..6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ…….…….,,,,,……7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….,,…..11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…….,,,.12

# ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т.е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебникам освойте каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные понятия и определения. Характеристика форм трудовой деятельности. Опасности среды обитания. Основные положения теории риска. Системный анализ безопасности. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности.

## ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

Анатомо-физиологическая характеристика человека. Анализаторы человека. Защитные механизмы организма.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гелиофизические и метеорологические факторы. Производственная пыль. Механические опасности. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Механические колебания и волны. Электробезопасность. Электромагнитные излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Химические опасности. Биологические опасности. Психологические опасности. Экологические опасности. Социальные опасности. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общая характеристика чрезвычайных ситуаций. Стихийные бедствия. Аварии на особо опасных объектах экономики. Аварии на объектах горной промышленности и подземных геологоразведочных работ. Чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

## ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Заболеваемость. Травматизм. Методы анализа травматизма.

## УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Правовые основы обеспечения безопасности деятельности. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий труда. Время отдыха. Подготовка работников к безопасному труду. Система управления охраной труда на предприятии. Экономические аспекты охраны труда.

## СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ

## НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА

## • КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные термины теории безопасности деятельности, дайте их определения.
2. Охарактеризуйте основные формы трудовой деятельности.
3. Что понимают под опасностью среды обитания? Как классифицируют опасности?
4. Сформулируйте аксиому о потенциальной опасности деятельности.
5. В чем состоит идентификация (распознавание) опасности?
6. Что такое квантификация опасностей?
7. Назовите методы анализа безопасности деятельности.
8. Приведите примеры расчета производственного риска.
9. В чем заключается концепция приемлемого риска?
10. Что такое управление риском?
11. Охарактеризуйте системный анализ безопасности деятельности.
12. Перечислите принципы, методы и средства обеспечения безопасности.
13. Изложите сущность естественной системы защиты человека от опасностей.
14. Дайте анатомо-физиологическую характеристику человека.
15. Какова роль анализаторов человека в обеспечении безопасности его деятельности?
16. Опишите зрительный, слуховой и обонятельный анализаторы.
17. Опишите вестибулярный, кинестетический и кожный анализаторы.
18. Что понимают под защитными механизмами человеческого организма?
19. Охарактеризуйте действие гелиофизических и метеорологических факторов на человека.
20. Какое действие оказывают высокие и низкие температуры, повышенная и пониженная влажность на организм человека?
21. Как действуют на организм человека вредные газы и пары?
22. В чем заключается вредное действие производственной пыли на организм? Как ведется борьба с пылью?
23. Назовите средства индивидуальной защиты работающих от пыли.
24. Как классифицируют механические опасности?
25. Перечислите методы и средства защиты от механических опасностей.
26. Укажите, как обеспечивается безопасность при эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
27. Охарактеризуйте действие инфразвука и ультразвука на организм и меры защиты от них.
28. Объясните действие шума на организм. Перечислите методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.

29. Как борются с вибрацией на горных предприятиях?
30. Объясните действие электрического тока на организм человека.
31. Укажите опасности, связанные с применением электрического тока на горных предприятиях.
32. Назовите основные меры безопасности при эксплуатации электроустановок.
33. Перечислите средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током.
34. В чем состоит молниезащита зданий и сооружений?
35. Назовите способы защиты работающих от воздействия электрических и электромагнитных полей.
36. Укажите меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучений.
37. Как влияет освещение на условия труда? Перечислите виды освещения.
38. Укажите средства нормализации освещения производственных помещений, рабочих мест и горных выработок.
39. Охарактеризуйте виды ионизирующих излучений.
40. Назовите общие принципы защиты от ионизирующих излучений.
41. Охарактеризуйте методы и средства защиты от ионизирующих излучений.
42. Перечислите химические опасности (вредные вещества) и укажите меры защиты от них.
43. Назовите биологические опасности и меры защиты от них.
44. Что понимают под психологическими опасностями?
45. Какие естественные факторы воздействуют на биосферу Земли?
46. В чем заключается антропогенное воздействие на природу?
47. Назовите методы и средства обеспечения экологической безопасности на горных предприятиях.
48. Какие санитарно-гигиенические требования предъявляются к устройству и содержанию предприятий?
49. Что такое чрезвычайная ситуация?
50. Перечислите признаки, характеризующие чрезвычайные ситуации.
51. Как классифицируют чрезвычайные ситуации по причинам возникновения?
52. Охарактеризуйте стихийные бедствия. Укажите мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий.
53. Перечислите виды аварий на особо опасных объектах экономики (народного хозяйства). В чем заключается профилактика возникновения аварий на таких объектах?
54. Какие аварии происходят на объектах горной промышленности? Укажите методы профилактики и ликвидации таких аварий.
55. Охарактеризуйте чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения.

56. Перечислите основные принципы и способы защиты населения от чрезвычайных ситуаций.
57. Какие действия надлежит выполнить населению при стихийных бедствиях и авариях?
58. Укажите действия населения при возникновении угрозы нападения противника.
59. Какие действия должно выполнять население в очагах поражения и после выхода из них?
60. Какие факторы влияют на устойчивость функционирования объектов экономики?
61. Перечислите основные мероприятия по повышению устойчивости функционирования объектов экономики.
62. Назовите принципы организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.
63. Какие приемы и способы проведения АСиДНР используются в очагах поражения?
64. Перечислите меры безопасности при проведении АСиДНР.
65. По каким признакам классифицируют травмы и несчастные случаи на производстве?
66. Перечислите причины травматизма.
67. Укажите причины несчастных случаев на шахтах.
68. Опишите порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве.
69. В чем заключается профилактика травматизма?
70. Какие методы используются при анализе травматизма?
71. Как расследуются профессиональные заболевания?
72. Кто назначает комиссию по расследованию профессионального заболевания?
73. Каким образом определяется окончательный диагноз острого профессионального заболевания?
74. Назовите меры профилактики профессиональных заболеваний.
75. Назовите меры профилактики производственного травматизма.
76. Изложите правовые основы обеспечения безопасности деятельности.
77. Какие обязанности возложены на администрацию предприятия по обеспечению охраны труда?
78. Перечислите виды подготовки работников к безопасному труду.
79. Что понимают под системой управления охраной труда на предприятиях?
80. Назовите основные нормативные документы, обеспечивающие безопасность деятельности.
81. Какова продолжительность ежедневной работы?
82. Какова профессиональная подготовка работников к безопасному труду?

83. Опишите систему управления охраной труда.
84. Назовите фонды охраны труда.
85. Чем обусловливается эффективность мероприятий по охране труда?
86. Опишите медицинское обслуживание работников.
87. Какие существуют льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда?
88. Поясните суть обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
89. Назовите обязательные принципы обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
90. Кто имеет право на получение страховых выплат в случае смерти застрахованного?
91. Как осуществляются страховые выплаты по социальному страхованию?
92. Как начисляется пособие по временной нетрудоспособности?
93. Каков порядок привлечения к дисциплинарной ответственности?
94. Кто может привлекать к дисциплинарной ответственности.
95. Кто может привлекать к административной ответственности?
96. В каких случаях привлекают к уголовной ответственности?

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удается. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Безопасность жизнедеятельности [Текст]:* учебное пособие / В.В. Токмаков, Ю.Ф. Килин, А.М. Кузнецов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 272 с.

*Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие* / В.А. Подюков, В.В. Токмаков, В.М. Куликов ; под ред. В.В. Токмакова ; Уральский государственный горный уни-верситет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

*Белов С. В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник. 5-е изд., исправл. и доп. – М.: Изд-во «Юрай», 2015. – 702с.

*Безопасность жизнедеятельности*: энциклопедический словарь / под ред. проф. Русака О. Н. – СПб.: Инф-изд. агент «Лик», 2003.

*Безопасность жизнедеятельности*: Учебник для вузов / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный / под ред. К. З. Ушакова. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 430 с.

*Воронов Е. Т., Резник Ю. Н., Бондарь И. А.* Безопасность жизнедеятельности. Теоретические основы БЖД. Охрана труда: учебное пособие. – Чита: Изд-во ЧитГУ, 2010. – 390 с.

*Занько Н. К., Малаян К. Р., Русак О. Н*. Безопасность жизнедеятельности: учебник. – М.: Лань, 2012. – 672 с.

*Субботин А. И.* Управление безопасностью труда: учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2014. – 266 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом ..... 3
1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий ..... 3
1.1.1. Утренняя физическая гимнастика ..... 3
1.1.2. Упражнения в течение учебного дня… ..... 4
1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия… ..... 4
1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий ..... 5
1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин ..... 6
1.2 Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма ..... 7
1.2.1 Оценка физического развития… ..... 9
1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности) ..... 10
2. Другие виды самостоятельной работы
2.1 Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности ..... 12
2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 м) ..... 12
2.1.2 Техника выполнения упражнения… ..... 12
2.1.3 Методы самостоятельной тренировки ..... 13
2.1.4. Средства тренировки быстроты ..... 13
2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива ..... 14
2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин ..... 15
2.2.1. Техника выполнения упражнения… ..... 15
2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин ..... 15
2.3.1. Техника выполнения упражнения… ..... 15
2.3.2. Методы развития силы ..... 16
2.4. Тест на общую выносливость (бег 2000 и 3000 м) ..... 17
2.4.1. Техника бега на длинные дистанции ..... 17
2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения Самостоятельных тренировок ..... 18
3.Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности ..... 21

## 1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;

- со значительными отягощениями;

- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);

- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;

- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;

- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);

- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;

- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;

- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.

2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.

3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня

тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

### 1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет

объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

### 1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования

тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к

занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);

- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;

- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)

- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;

- через 3 мин. – на 30%;

- через 5 мин. – на 50%,

- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;

- степень его соответствия полу и возрасту;

- имеющиеся отклонения;

- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель

- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;

- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%

- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.

2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.

3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;

- удовлетворительно – 40-65%;

- плохо – 66-75%;

- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);

- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);

- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

| Оценка | Юноши | Девушки |
|---|---|---|
| Отлично | 90 сек | 80 сек |
| Хорошо | 80-89 сек | 70-79 сек |
| Удовлетворительно | 50-79 сек | 40-69 сек |
| Неудовлетворительно | 50 и ниже | 40 и ниже |

Проба Генча

| Оценка | Юноши | Девушки |
|---|---|---|
| Отлично | 45 сек | 35 сек |
| Хорошо | 40-44 сек | 30-34 сек |
| Удовлетворительно | 30-39 сек | 20-29 сек |
| Неудовлетворительно | 30 и ниже | 20 и ниже |

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

## 2. Другие виды самостоятельной работы

### 2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;

- бег по дистанции;

- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.

2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.

3. Семенящий бег.

4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).

5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.

6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);

- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет»,

охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;

- фиксация его в вертикальном положении;

- опускание;

- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);

- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;

- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения придется компенсировать за счет дополнительных

мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед

согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании. Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы

плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

### 2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;

- избыточную массу тела;

- обувь, не пригодную для бега;

-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название

«мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга,

недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

## 3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности, предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и

определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;
- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических

занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму

более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# Б1.О.06 МАТЕМАТИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Власова Л.В., доцент, к.ф.-м.н.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Математики | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Сурнев В.Б. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 19.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалитета по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Математика» в рамках выполнения контрольных работ.

В методических рекомендациях содержатся образцы выполнения контрольных работ, требования к их оформлению, а также критерии оценки.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 ПО ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

### Организация выполнения контрольной работы №1

Выполнение контрольной работы в виде решения ряда задач по линейной алгебре практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умений и навыков в соответствии с компетенциями образовательной программы.

Выполнение контрольной работы призвано стимулировать самостоятельную работу студентов по изучению основ математики; оно направлено на формирование знаний основных категорий линейной алгебры, развитие навыков логического мышления, обобщения и умения делать верные выводы.

Каждый студент получает от преподавателя дисциплины свой вариант контрольной работы. Каждый вариант контрольной работы включает 4 задачи.

При этом предлагаются образцы задач с подробными объяснениями и решениями по всем изучаемым темам данного раздела, подобные представленным в контрольной работе.

### Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном виде. Контрольная работа выполняется либо в ученической тетради, либо на листах формата А4 (сшитых) в той последовательности, которая определена вариантом. Вначале переписывается содержание каждой задачи, затем приводится ее подробное решение и дается ответ.

В случае выполнения контрольной работы на отдельных листах все страницы работы должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится. Титульный лист работы оформляется студентом по образцу, данному в приложении.

В конце работы должен быть представлен список использованной литературы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

*Задача 1*

Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = B^T \cdot A + 4E$.

*Решение*

Ищем транспонированную матрицу к матрице $B$: $B^T = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 7 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}$.

Находим произведение матриц $B^T \cdot A$:

$$B^T \cdot A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 7 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3\cdot 5+(-1)\cdot 3+7\cdot(-1) & 3\cdot 4+(-1)\cdot 0+7\cdot 2 \\ 0\cdot 5+2\cdot 3+1\cdot(-1) & 0\cdot 4+2\cdot 0+1\cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 26 \\ 5 & 2 \end{pmatrix}.$$

Находим матрицу $C$:

$$C = \begin{pmatrix} 5 & 26 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} + 4 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 & 26 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}.$$

*Задача 2*

Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & -5 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$.

*Решение*

Обозначим заданные матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 3 & -5 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Тогда имеем уравнение в матричном виде:

$$A \cdot X = B,$$

откуда

$$X = A^{-1} \cdot B.$$

Находим обратную матрицу к матрице $A$:

$$A^{-1} = \frac{1}{-1}\begin{pmatrix} -1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}.$$

Таким образом,

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -5 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & -5 \\ 4 & -9 \end{pmatrix}.$$

*Задача 3*

Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} -5 & 2 & 4 & 0 \\ 1 & -1 & 3 & -1 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$.

*Решение*

Прибавив третью строку ко второй, получим:

$$\det A = \begin{vmatrix} -5 & 2 & 4 & 0 \\ 4 & -1 & 4 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Так как теперь в четвертом столбике только один ненулевой элемент, разложим данный определитель по 4 столбцу:

$$\det A = \begin{vmatrix} -5 & 2 & 4 & 0 \\ 4 & -1 & 4 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix} = 0 + 0 + (-1)^{4+3} \cdot 1 \cdot \begin{vmatrix} -5 & 2 & 4 \\ 4 & -1 & 4 \\ -3 & 2 & 1 \end{vmatrix} + 0 = \begin{vmatrix} 5 & -2 & -4 \\ -4 & 1 & -4 \\ 3 & -2 & -1 \end{vmatrix}.$$

Далее вычтем третью строку из первой:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & 0 & -3 \\ -4 & 1 & -4 \\ 3 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

и прибавим вторую строку к третьей, предварительно умножив все ее элементы на 2:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & 0 & -3 \\ -4 & 1 & -4 \\ -5 & 0 & -9 \end{vmatrix}.$$

Теперь раскладываем полученный определитель по второму столбцу:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & 0 & -3 \\ -4 & 1 & -4 \\ -5 & 0 & -9 \end{vmatrix} = 0 + (-1)^{2+2} \cdot 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -5 & -9 \end{vmatrix} + 0 = 1(-18 - 15) = -33.$$

*Задача 4*

Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

*Решение*

а) Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений является совместной и определенной.

Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -4 & -4 \\ -5 & 7 & 1 \\ -1 & -1 & 5 \end{pmatrix}^T = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$$

Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

*Ответ:* $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

б) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений совместна и определённа.

Для нахождения её решения используем формулы Крамера:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 11 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 24, \det A_2 = \begin{vmatrix} 3 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 11 & 3 \end{vmatrix} = -24, \det A_3 = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 11 \end{vmatrix} = 36.$$

Теперь найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{24}{12} = 2,\ x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-24}{12} = -2,\ x_3 = \frac{\det A_3}{\det A} = \frac{36}{12} = 3.$$

*Ответ*: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

в) Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A=\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}=12\cdot$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 2 & 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 11 \end{array}\right)\underset{3c-3\cdot 1c}{\overset{2c-1c}{\sim}}\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -7 & -5 & 0 & -4 \end{array}\right)\overset{3c+5\cdot 2c}{\sim}\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -12 & 0 & 0 & -24 \end{array}\right)\overset{1c\cdot(-12)}{\sim}$$

$$\overset{1c\cdot(-12)}{\sim}\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right)\overset{2c+3c}{\sim}\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right)\overset{1c-2\cdot 2c-3\cdot 3c}{\sim}\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right)\sim$$

$$\sim\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{array}\right).$$

*Ответ*: $X=\begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

**Комплект вариантов контрольной работы №1**

**Вариант 1**

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 3 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C=(A+3A^T)\cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\cdot X=\begin{pmatrix} 2 & 4 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 3 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 - 4x_2 - 3x_3 = -1 \\ x_1 + 5x_2 + x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 2**

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 - 3A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 6 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & -6 \\ 3 & 16 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 5 & 2 \\ 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 4 & 1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 - x_2 - 2x_3 = 9 \\ 5x_1 + 8x_2 - x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 3**

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 2 & 2 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A \cdot A^T - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -1 & 3 & 4 \\ 2 & 0 & 4 & 0 \\ 5 & 3 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + x_3 = 21 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = -16 \\ 3x_1 - 5x_2 - 6x_3 = -41 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 4**

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 0 \\ 3 & 1 & 1 & 1 \\ -4 & 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 2x_2 + 13x_3 = 2 \\ 3x_1 - x_2 + 5x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 5**

1. Даны матрицы и A= $\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$ Найти матрицу $X = A^T \cdot A - 4B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 4 & -6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 8 & 4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -3 & 2 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & 3 \\ -1 & -1 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = -2 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 = 1 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 6**

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $A^T \cdot A + 5E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -6 & 4 \\ -10 & 8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 5 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 4 \\ 3x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 + 7x_2 - x_3 = 8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 7**

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 4 \\ -1 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & -5 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 4 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$

Найти матрицу $C = (2A^T - \mathrm{B}) \cdot \mathrm{A}$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 2 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 5 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 8x_1 + 3x_2 - 6x_3 = 2 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

## Вариант 8

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & -2 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = \mathrm{B} - 3A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 5 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & -2 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 5 & 6 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 = 20 \\ 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 = 6 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

## Вариант 9

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 0 \\ 1 & -2 & 5 \\ 6 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & 2 & 1 \\ -3 & -4 & 0 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = B \cdot (A^T + 2A)$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 5 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 14 \\ 5 & 2 & 22 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -4 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & -4 & 0 \\ 3 & 5 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 + 5x_2 - 3x_3 = 11 \\ 5x_1 + 6x_2 - 2x_3 = 13 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 10**

1. Дана матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 \\ 5 & 0 & 7 \\ -1 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 + 2A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & 11 & 2 \\ 7 & -6 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 5 \\ 5 & 4 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 1 \\ 5x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 2 \\ 3x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 11**

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} -5 & 4 & 1 \\ 0 & 7 & 2 \\ -2 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 3E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 2 \\ -5 & -4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -7 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \\ 5 & 0 & 2 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + 3x_3 = 2 \\ 5x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 12**

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -3 \\ 0 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix} -1 & 0 & 3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A^T \cdot A - 2B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 & 2 \\ 8 & -7 \\ -8 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 1 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & -2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 + 5x_3 = 4 \\ 3x_1 + 5x_2 - 3x_3 = -1 \\ 2x_1 + 4x_2 - 3x_3 = -1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 13**

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & -2 \\ 0 & 6 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = B^T \cdot A + 4E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ -3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & -4 & 3 \\ 9 & 16 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -1 & 1 & 2 & -4 \\ 2 & 0 & -2 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 7x_1 + 6x_2 + 3x_3 = 10 \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 = 1 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 = -4 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 14**

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & -6 & 0 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 7E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 6 & 4 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 7 \\ 9 & 4 \\ 24 & 18 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 4 & 3 \\ 5 & 3 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 10 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 15 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 15**

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -5 & 1 & 3 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & 0 & -3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T - 3A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 9 \\ 4 & 7 \\ 36 & -7 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -7 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 7 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 6 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 9 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 16**

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -3 \\ 1 & 4 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 3 & 1 \\ -2 & 4 & -3 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = 3B - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 7 \\ -3 & 6 & 12 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 3 & 5 \\ 4 & 0 & 1 & -1 \\ 5 & 2 & 0 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 7 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 11 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 11 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 17**

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix}0 & 3 & 1\\ 0 & 2 & 4\\ 1 & -1 & 3\end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3E - A\cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $X\cdot\begin{pmatrix}5 & 1\\ 6 & 2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-23 & -3\\ 12 & 0\\ -7 & -3\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix}2 & 4 & 6 & 1\\ 0 & 2 & 0 & 5\\ 1 & -3 & 0 & 0\\ 2 & -1 & 1 & 4\end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases}3x_1+5x_2+2x_3=6\\ 5x_1+4x_2+5x_3=4\\ 5x_1+6x_2+4x_3=7\end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 18**

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix}1 & 3\\ 1 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}3 & 1 & 2\\ -1 & 0 & 2\end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A\cdot B + 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix}5 & 1\\ 6 & 2\end{pmatrix}\cdot X=\begin{pmatrix}3 & -9 & 11\\ -2 & -6 & 14\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 7 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 1 & -2 \\ 3 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 4x_1 + 6x_2 - x_3 = 1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 = 10 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 19**

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = (3B - A^T) \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & 9 \\ 1 & -6 \\ 10 & 21 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 4 & 0 & -1 \\ -3 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & -1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 4x_2 - x_3 = -17 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 0 \\ 2x_1 - 3x_2 - 5x_3 = -8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 20**

1.Дана матрица A= $\begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 4 & -2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3E - A \cdot A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 1 & 10 & -13 \\ 3 & -22 & 27 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 5 \\ -1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = -3 \\ 2x_1 - 6x_2 - 9x_3 = 11 \\ 4x_1 + 3x_2 - 8x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 21**

1.Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 1 \\ -1 & 2 & -3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу X= $A^T \cdot A - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & -1 & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & 7 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 9 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 14 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 16 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 22**

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 \\ 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 5 & -2 \\ 1 & -3 & 2 & 1 \\ 0 & -3 & 1 & -2 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -9 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 = 2 \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 = 25 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 23**

1. Дана матрица $B = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = 3E - B^T \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 8 & 3 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & 5 \\ 24 & 11 \\ -28 & -8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \\ -1 & 0 & 4 & 0 \\ 3 & 3 & -3 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + x_3 = 2 \\ x_1 + 5x_2 - 4x_3 = -5 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = -4 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

**Вариант 24**

1. Даны матрицы $X = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $Y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = Y - 2X^T \cdot X$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & -4 \\ 3 & -2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 14 & 13 & 38 \\ 8 & 9 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & -3 & 1 \\ 0 & -1 & 2 & -2 \\ -3 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 = 1 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 = -3 \\ 3x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 25**

1. Дана матрица $X = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $Y = X - 3X \cdot X^T$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 15 & 7 \\ 14 & 10 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 4 & 1 \\ -1 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 9 \\ -2 & 1 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 2 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -3 \\ 3x_1 + 10x_2 + 8x_3 = -8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 26**

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ -1 & 1 & -2 \\ 3 & 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3A^T - A^2$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 8 & 9 & 8 \\ 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & -2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 = 5 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 27**

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 4 & -3 & 2 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу X= $3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 0 & 5 \\ -4 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -1 & 2 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + x_3 = 7 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -5 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 28**

1. Даны матрицы A $= \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C$= A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 6 & -4 \\ 3 & -1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 18 & -2 \\ -2 & 12 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 4x_1 + 5x_2 + 6x_3 = 9 \\ 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 29**

1. Даны матрицы A $= \begin{pmatrix} -4 & 3 \\ 3 & -4 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & -9 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C$= 5B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & -6 \\ 10 & 33 \\ 1 & -17 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & -2 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 = -11 \\ 2x_1 + x_2 - 2x_3 = -2 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

**Вариант 30**

1. Дана матрица A$= \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -3 & 5 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу B$= 3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ -2 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ 4 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 \\ -1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 2x_3 = 5 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 = 19 \\ 4x_1 - x_2 + x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2 ПО ИНТЕГРАЛЬНОМУ ИСЧИСЛЕНИЮ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

### Организация выполнения контрольной работы №2

Выполнение контрольной работы в виде решения ряда задач по интегральному исчислению функций одной переменной практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умений и навыков в соответствии с компетенциями образовательной программы.

Выполнение контрольной работы призвано стимулировать самостоятельную работу студентов по изучению основ математики; оно направлено на формирование знаний основных категорий интегрального исчисления функций одной переменной, развитие навыков логического мышления, обобщения и умения делать верные выводы.

Каждый студент получает от преподавателя дисциплины свой вариант контрольной работы. Каждый вариант контрольной работы включает 11 задач.

При этом предлагаются образцы задач с подробными объяснениями и решениями по всем изучаемым темам данного раздела, подобные представленным в контрольной работе.

### Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном виде. Контрольная работа выполняется либо в ученической тетради, либо на листах формата А4 (сшитых) в той последовательности, которая определена вариантом. Вначале переписывается содержание каждой задачи, затем приводится ее подробное решение и дается ответ.

В случае выполнения контрольной работы на отдельных листах все страницы работы должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится. Титульный лист работы оформляется студентом по образцу, данному в приложении.

В конце работы должен быть представлен список использованной литературы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

## КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №2

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

*Задача 1*

Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int(7x-1)\left(x^3+\frac{1}{x}\right)dx; \quad б)\int\frac{\sqrt{x}+2}{\sqrt{x}}dx.$$

*Решение*

$$а)\int(7x-1)\left(x^3+\frac{1}{x}\right)dx=\int\left(7x\cdot x^3-x^3+7x\cdot\frac{1}{x}-\frac{1}{x}\right)dx=\int\left(7x^4-x^3-\frac{1}{x}+7\right)dx=$$

$$=7\int x^4dx-\int x^3dx-\int\frac{1}{x}dx+7\int dx=\frac{7x^5}{5}-\frac{x^4}{4}-\ln|x|+7x+C.$$

$$б)\int\frac{\sqrt{x}+2}{\sqrt{x}}dx=\int\left(\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}}+\frac{2}{\sqrt{x}}\right)dx=\int\left(1+2x^{-\frac{1}{2}}\right)dx=\int dx+2\int x^{-\frac{1}{2}}dx=$$

$$=x+2\frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}}+C=x+4\sqrt{x}+C.$$

*Задача 2*

Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int\frac{dx}{7x-2}; \quad б)\int\frac{e^{\operatorname{tg}x}dx}{\cos^2x}; \quad в)\int\frac{\ln^2x}{x}dx.$$

*Решение*

$$а)\int\frac{dx}{7x-2}=\left[dx=\frac{1}{7}d(7x-2)\right]=\frac{1}{7}\int\frac{d(7x-2)}{7x-2}=\frac{1}{7}\ln|7x-2|+C;$$

б) $\int \frac{e^{\operatorname{tg} x} dx}{\cos^2 x} = \left[ \frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x) \right] = \int e^{\operatorname{tg} x} d(\operatorname{tg} x) = e^{\operatorname{tg} x} + C;$

в) $\int \frac{\ln^2 x}{x} dx = \left[ \frac{dx}{x} = d(\ln x) \right] = \int \ln^2 x d(\ln x) = \frac{\ln^3 x}{3} + C.$

*Задача 3*

Найти интегралы с помощью замены переменной:

а) $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+2};$ *б)* $\int \sqrt{9-x^2}\, dx.$

*Решение*

$$a) \int \frac{dx}{\sqrt{x}+2} = \left[ \begin{array}{l} \text{Замена:} \\ x = t^2 \\ dx = \left(t^2\right)' dt = 2tdt \end{array} \right] = \int \frac{2tdt}{t+2} = 2\int \frac{(t+2)-2}{t+2} dt =$$

$$= 2\int \left(1 - \frac{2}{t+2}\right) dt = 2\int dt - 4\int \frac{dt}{t+2} =$$

$$= 2t - 4\int \frac{d(t+2)}{t+2} = 2t - 4\ln|t+2| = \left[ \begin{array}{l} \text{обратная} \\ \text{замена: } t = \sqrt{x} \end{array} \right] = 2\sqrt{x} - 4\ln\left|\sqrt{x}+2\right| + C;$$

$$б) \int \sqrt{9-x^2}\, dx = \left[ \begin{array}{l} \text{Замена: } x = 3\sin t, \ \sqrt{9-x^2} = \sqrt{9-9\sin^2 t} = \\ = \sqrt{9(1-\sin^2 t)} = 3\sqrt{\cos^2 t} = 3\cos t; \quad dx = 3\cos t dt \end{array} \right] =$$

$$= \int 3\cos t \cdot 3\cos t dt = 9\int \cos^2 t dt = 9\int \frac{1+\cos 2t}{2} dt = \frac{9}{2}\int dt + \frac{9}{2}\int \cos 2t dt =$$

$$= \frac{9}{2}t + \frac{1}{2}\cdot\frac{9}{2}\int \cos\ 2td(2t) = \frac{9}{2}t + \frac{9}{4}\sin\ 2t + C = \left[\text{Обратная замена}: \quad t = \arcsin\frac{x}{3}\right] =$$

$$= \frac{9}{2}\arcsin\frac{x}{3} + \frac{9}{4}\sin\left(2\arcsin\frac{x}{3}\right) + C.$$

*Задача 4*
Проинтегрировать по частям:

$$а)\int x\cos\frac{x}{3}dx; \qquad б)\int\frac{\ln\ 9x}{x^3}dx; \qquad в)\int x\operatorname{arctg}\,xdx.$$

*Решение*

$$а)\int x\cos\frac{x}{3}dx = \left[\begin{array}{l}\text{Выбираем} \quad u = x,\ dv = \cos\frac{x}{3}dx \\ \text{и находим} \quad du = x'dx = dx, \\ v = \int\cos\frac{x}{3}dx = 3\int\cos\frac{x}{3}d\frac{x}{3} = 3\sin\frac{x}{3}\end{array}\right] =$$

$$= x\cdot 3\sin\frac{x}{3} - \int 3\sin\frac{x}{3}dx = 3x\sin\frac{x}{3} - 3\cdot 3\int\sin\frac{x}{3}d\frac{x}{3} = 3x\cdot\sin\frac{x}{3} + 9\cos\frac{x}{3} + C;$$

$$б)\int\frac{\ln\ 9x}{x^3}dx = \int\frac{1}{x^3}\cdot\ln\ 9xdx = \int x^{-3}\cdot\ln\ 9xdx =$$

$$= \left[\begin{array}{l}u = \ln 9x,\ dv = x^{-3}dx,\ \text{тогда} \\ du = (\ln\ 9x)'\,dx = \frac{9}{9x}dx = \frac{dx}{x},\ v = \int x^{-3}dx = -\frac{1}{2x^2}\end{array}\right] = -\frac{\ln\ 9x}{2x^2} + \frac{1}{2}\int\frac{1}{x^2}\cdot\frac{dx}{x} =$$

$$= -\frac{\ln\ 9x}{2x^2} + \frac{1}{2}\int x^{-3}dx = -\frac{\ln\ 9x}{2x^2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2x^2} + C = -\frac{2\ln\ 9x + 1}{4x^2} + C;$$

$$в)\int x\operatorname{arctg}\,xdx = \int\operatorname{arctg}\,x\cdot xdx = \left[\begin{array}{l}u = \operatorname{arctg}\,x,\ dv = xdx,\ \text{тогда} \\ du = (\operatorname{arctg}\,x)'dx = \frac{dx}{1+x^2}, \\ v = \int xdx = \frac{x^2}{2}\end{array}\right] =$$

$$= \frac{x^2\operatorname{arctg}\,x}{2} - \int\frac{x^2}{2}\cdot\frac{dx}{1+x^2} = \frac{x^2\operatorname{arctg}\,x}{2} - \frac{1}{2}\int\frac{x^2dx}{1+x^2} = \frac{x^2\operatorname{arctg}\,x}{2} - \frac{1}{2}\int\frac{x^2+1-1}{1+x^2}dx =$$

$$= \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2}\int\left(\frac{x^2+1}{1+x^2} - \frac{1}{1+x^2}\right)dx == \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2}\int\left(1 - \frac{1}{1+x^2}\right)dx =$$

$$= \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}\operatorname{arctg} x + C = \frac{1}{2}\left(x^2 \operatorname{arctg} x + \operatorname{arctg} x - x\right) + C.$$

*Задача 5*

Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x}\,dx; \qquad б)\int \frac{2x^3 - 2x^2 + 5x + 1}{(x^2 - 2x + 1)(x^2 - 1)}\,dx.$$

*Решение*

Рассмотрим подынтегральную функцию:

$f(x) = \dfrac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x}$ – неправильная рациональная дробь, преобразуем её

$$\begin{array}{r|l} x^5 + x^4 - 8 & x^3 - 4x \\ \underline{x^5 - 4x^3} & x^2 + x + 4 \\ x^4 + 4x^3 - 8 & \\ \underline{x^4 - 4x^2} & \\ 4x^3 + 4x^2 - 8 & \\ \underline{4x^3 - 16x} & \\ 4x^2 + 16x - 8. & \end{array}$$

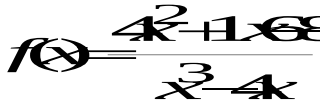
Таким образом, имеем

Следовательно

$$\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x}\,dx = \int\left(x^2 + x + 4 + \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\right)dx =$$

$$= \int x^2 dx + \int x dx + \int 4 dx + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\, dx =$$

$$= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\, dx.$$

Последний интеграл рассмотрим отдельно. Подынтегральная функция  является правильной рациональной дробью.

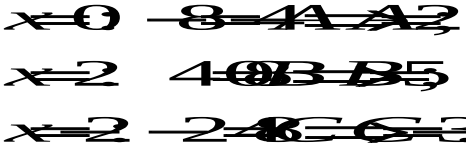
Разложим знаменатель этой дроби на множители

Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей

Определим коэффициенты *A, B* и *C*. Для этого приведём полученную сумму дробей к общему знаменателю

и приравняем числители

Определим коэффициенты *A, B* и *C* методом частных значений, для этого подставим конкретные значения *x* в обе части вышестоящего выражения; в качестве конкретных значений *x* рассмотрим те значения, при которых знаменатель рассматриваемой дроби обращается в нуль.



Итак, имеем:

Интегрируем данную функцию:

$$\int \frac{4x^2+16x-8}{x\cdot(x-2)(x+2)}\,dx = \int\left(\frac{2}{x}+\frac{5}{x-2}-\frac{3}{x+2}\right)dx =$$

$$= 2\int\frac{dx}{x}+5\int\frac{dx}{x-2}-3\int\frac{dx}{x+2} = 2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

Возвращаемся к исходному интегралу

$$\int \frac{x^5+x^4-8}{x^3-4x}\,dx = \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+\int\frac{4x^2+16x-8}{x^3-4x}dx =$$

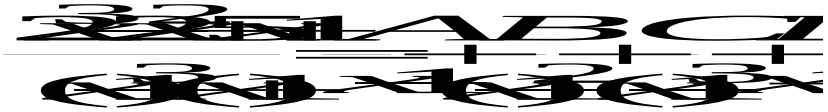
$$= \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

б) Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x)=\frac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x^2-2x+1)(x^2-1)}$ –

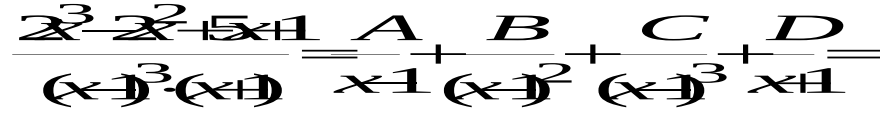
правильную рациональную дробь.

Разложим знаменатель на множители

Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей



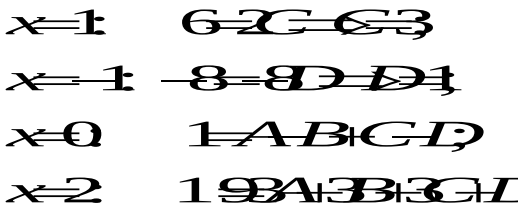
Определим коэффициенты *A*, *B*, *C* и *D*, для этого приведем сумму простейших дробей к общему знаменателю



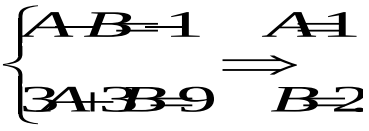
и приравняем числители

Определим коэффициенты *A*, *B*, *C* и *D* методом частных значений, подставив эти значения в обе части, в качестве конкретных значений *x* выбираем

$x = 1$; $x = -1$ (это те значения $x$ при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен 0) и два значения $x = 0$ и $x = 2$ выбираем произвольно.



подставив значения $C = 3$ и $D = 1$ в последние два уравнения получаем



Итак, имеем

Интегрируем данную функцию:

$$\int \frac{2x^3 - 2x^2 - 5x + 1}{(x-1)^3(x+1)}\,dx = \int\left(\frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{3}{(x-1)^3} + \frac{1}{x+1}\right)dx =$$

$$= \int \frac{dx}{x-1} + 2\int \frac{dx}{(x-1)^2} + 3\int \frac{dx}{(x-1)^3} + \int \frac{dx}{x+1} = \ln|x-1| - \frac{2}{x-1} - \frac{3}{2(x-1)^2} + \ln|x+1| + C.$$

*Задача 6*

Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$\text{а)}\int \sin^2\frac{x}{3}\,dx; \quad \textit{б)}\int \cos^5 3x dx; \quad \textit{в)}\int \sin 5x \cdot \cos 2x dx\cdot$$

*Решение*

$$\text{а)}\int \sin^2\frac{x}{3}\,dx = \int \frac{1-\cos\frac{2x}{3}}{2}\,dx = \frac{1}{2}\int dx - \frac{1}{2}\int \cos\frac{2x}{3}\,dx =$$

$$= \frac{x}{2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}\sin\frac{2x}{3} + C = \frac{x}{2} - \frac{3}{4}\sin\frac{2x}{3} + C;$$

*б)* $\int \cos^5 3x dx = \int \cos^4 3x \cdot \cos 3x dx = \int (\cos^2 3x)^2 \cdot \cos 3x dx =$

$$= \int (1-\sin^2 3x)^2 \cdot \cos 3x dx = \left| \begin{array}{l} \sin 3x = t \\ 3\cos 3\, x dx = dt \\ \cos 3\, x dx = \frac{1}{3} dt \end{array} \right| =$$

$$= \int (1-t^2)^2 \cdot \frac{1}{3} dt = \frac{1}{3}\int (1-2t^2+t^4) dt = \frac{1}{3}\left( t - \frac{2t^3}{3} + \frac{t^5}{5} \right) + C =$$

$$= \frac{1}{3}\sin 3x - \frac{2}{9}\sin^3 3x + \frac{1}{15}\sin^5 3x + C;$$

в) $\int \sin 5x \cdot \cos 2x dx = \frac{1}{2}\int (\sin 7x + \sin 3x) dx = \frac{1}{2}\cdot(-\frac{1}{7}\cos 7x) + \frac{1}{2}\cdot(-\frac{1}{3}\cos 3x) + C$

$$= -\frac{1}{14}\cos 7x - \frac{1}{6}\cos 3x + C.$$

*Задача 7*

Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^4 \sqrt{x} dx$; б) $\int_0^{\frac{\pi}{2}} 7\cos 3x dx$; в) $\int_1^e \frac{\ln x}{x} dx$.

*Решение*

а) $\int_0^4 \sqrt{x} dx = \int_0^4 x^{\frac{1}{2}} dx = \left. \frac{x^{\frac{1}{2}+1}}{\frac{1}{2}+1} \right|_0^4 = \left. \frac{2x^{\frac{3}{2}}}{3} \right|_0^4 = \frac{2\cdot 4^{\frac{3}{2}}}{3} - \frac{2\cdot 0^{\frac{3}{2}}}{3} = \frac{2\cdot 8}{3} = \frac{16}{3};$

б) $\int_0^{\frac{\pi}{2}} 7\cos 3x dx = 7\cdot\frac{1}{3}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos 3x d3x = \left. \frac{7\cdot\sin 3x}{3} \right|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{7}{3}\left( \sin\frac{3\pi}{2} - \sin 0 \right) = -\frac{7}{3};$

*в)* $\int_1^e \frac{\ln x}{x} dx = \int_1^e \ln x \frac{dx}{x} = \int_1^e \ln x d\ln x = \left. \frac{\ln^2 dx}{2} \right|_1^e = \frac{\ln^2 e}{2} - \frac{\ln^2 1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{0}{2} = \frac{1}{2}.$

*Задача 8*

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_2^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+13}$; б) $\int\limits_{-2}^{0} \frac{x^2dx}{x^3+8}$.

*Решение*

$$a)\int\limits_2^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+13} = \lim_{b\to\infty}\int\limits_2^{b} \frac{dx}{x^2-4x+13} = \lim_{b\to\infty}\int\limits_2^{b} \frac{dx}{(x-2)^2+9} = \lim_{b\to\infty}\int\limits_2^{b} \frac{d(x-2)}{(x-2)^2+9} =$$

$$= \lim_{b\to\infty} \frac{1}{3}\operatorname{arctg}\frac{x-2}{3}\Big|_2^b = \frac{1}{3}\lim_{b\to\infty}\left(\operatorname{arctg}\frac{b-2}{3} - \operatorname{arctg}0\right) = \frac{1}{3}\cdot\frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6},$$

т.е. интеграл сходится;

$$б)\int\limits_{-2}^{0} \frac{x^2dx}{x^3+8} = \lim_{\xi\to 0}\int\limits_{-2+\xi}^{0} \frac{x^2dx}{x^3+8} = \lim_{\xi\to 0}\int\limits_{-2+\xi}^{0} \frac{\frac{1}{3}d(x^3+8)}{x^3+8} =$$

$$= \frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\ln\left|x^3+8\right|\Big|_{-2+\xi}^{0} = \frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8 - \ln\left|(-2+\xi)^3+8\right|\right) =$$

$$= \frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8 - \ln\left(-8+12\xi-6\xi^2+\xi^3+8\right)\right) =$$

$$= \frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8 - \ln\left(12\xi-6\xi^2+\xi^3\right)\right) = \infty,$$

т.е. интеграл расходится.

*Задача 9*

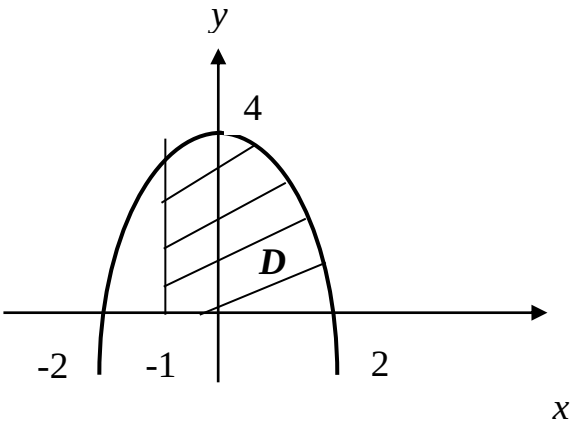
Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = 4-x^2;\ x=-1;\ y=0;$

б) $\rho = 2\cos\varphi;\quad \rho = 1$ (вне окружности $\rho = 1$).

*Решение*

а) Построим фигуру. Верхняя граница: $y = 4-x^2$, нижняя граница: $y=0$, левая граница $x=-1$, правая граница $x=2$.

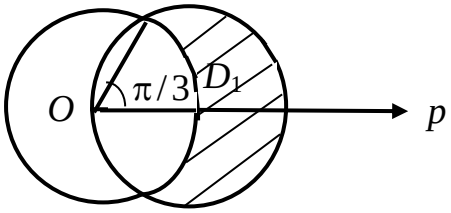


Найдем площадь полученной фигуры:

$$S = \int_{-1}^{2} (4 - x^2 - 0)\, dx = 4x\Big|_{-1}^{2} - \frac{x^3}{3}\Big|_{-1}^{2} =$$

$$= 4(2+1) - \frac{1}{3}(8+1) = 12 - 3 = 9 \text{ ед}^2.$$

б) Построим линии:




$$S = 2S_{D_1}$$

Найдем точку пересечения этих окружностей:

$$\begin{cases} \rho = 2\cos\varphi \\ \rho = 1 \end{cases} \Rightarrow 2\cos\varphi = 1,\ \cos\varphi = \frac{1}{2},\quad \varphi = \frac{\pi}{3}.$$

$$S = 2\frac{1}{2}\int_{0}^{\frac{\pi}{3}} (4\cos^2\varphi - 1)\, d\varphi = \int_{0}^{\frac{\pi}{3}} (4\frac{1+\cos 2\varphi}{2} - 1)\, d\varphi =$$

$$= \int_{0}^{\frac{\pi}{3}} (2 + 2\cos 2\varphi - 1)\, d\varphi = \varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} + \sin 2\varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} =$$

$$= \frac{\pi}{3} + \sin\frac{2\pi}{3} - \sin 0 = \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \text{ ед}^2.$$

*Задача 10*

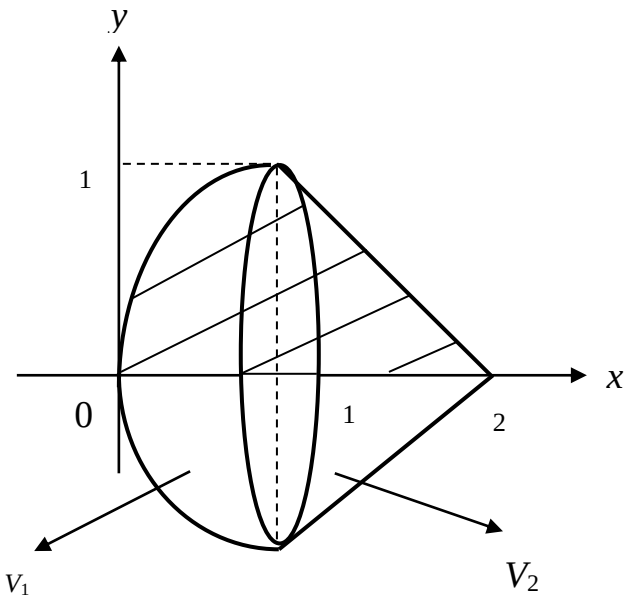
Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y = \sqrt{x}$ , $y = 2 - x$, $y = 0$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

*Решение*

а)



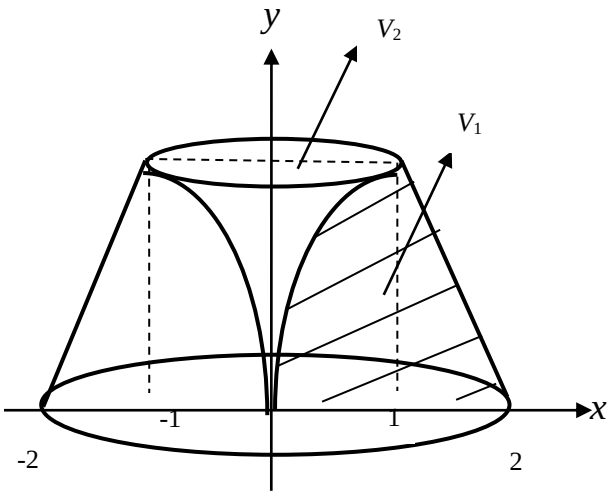

$$V_{0x} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \pi \int_0^1 \left(\sqrt{x}\right)^2 dx = \pi \frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{2} \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi \int_1^2 (2 - x)^2 dx = \pi \int_1^2 (x - 2)^2 d(x - 2) = \pi \frac{(x-2)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{\pi}{3}\left(0 - (-1)^3\right) = \frac{\pi}{3} \text{ ед}^3$$

$$V_{0x} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{6} \text{ ед}^3.$$

б)




$$V_{0y} = V_1 - V_2$$

$$V_1 = \pi\int_0^1 (2-y)^2\,dy = \pi\int_0^1 (y-2)^2\,d(y-2) = \pi\frac{(y-2)^3}{3}\Big|_0^1 =$$

$$\frac{\pi}{3}\left((-1)^3 - (-2)^3\right) = \frac{\pi}{3}(8-1) = \frac{7}{3}\pi \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi\int_0^1 y^4\,dy = \pi\frac{y^5}{5}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{5} \text{ ед}^3$$

$$V_{0y} = \frac{7\pi^{(5}}{3} - \frac{\pi^{(3}}{5} = \frac{32\pi}{15} \text{ ед}^3.$$

*Задача 11*

Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\, y = \frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}, \quad 0 \le x \le 3; \qquad б)\begin{cases} x = e^{3t}\cos 4t \\ y = e^{3t}\sin 3t \end{cases}, \ 0 \le t \le \ln 2.$$

*Решение*

а) Найдем производную:

$$y' = \left(\frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}\right)' = \frac{1}{3}(3-x)'\cdot\sqrt{x} + \frac{1}{3}(3-x)\cdot(\sqrt{x})' =$$

$$= -\frac{1}{3}\sqrt{x} + \frac{1}{3}(3-x)\cdot\frac{1}{2\sqrt{x}} = \frac{-\frac{2}{3}x + 1 - \frac{1}{3}x}{2\sqrt{x}} = \frac{1-x}{2\sqrt{x}},$$

тогда длина дуги равна:

$$l=\int_0^3\sqrt{1+\left(\frac{1-x}{2\sqrt{x}}\right)^2}\,dx=\int_0^3\sqrt{1+\frac{1-2x+x^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\sqrt{\frac{4x+1-2x+x^2}{4x}}\,dx=$$

$$=\int_0^3\sqrt{\frac{(x+1)^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\frac{x+1}{2\sqrt{x}}\,dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\frac{x}{\sqrt{x}}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\sqrt{x}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=$$

$$=\frac{1}{2}\int_0^3 x^{\frac{1}{2}}\,dx+\frac{1}{2}\int_0^3 x^{-\frac{1}{2}}\,dx=\frac{1}{2}\cdot\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Bigg|_0^3+\frac{1}{2}\cdot\frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}}\Bigg|_0^3=\frac{1}{3}\sqrt{27}-0+\sqrt{3}-0=2\sqrt{3}.$$

*б)* Найдем производные $x'_t$ и $y'_t$:

$$x'_t=\left(e^{3t}\cdot\cos 4t\right)'=\left(e^{3t}\right)'\cos 4t+e^{3t}\cdot\left(\cos 4t\right)'=3e^{3t}\cos 4t-4e^{3t}\sin 4t;$$

$$y'_t=\left(e^{3t}\cdot\sin 4t\right)'=\left(e^{3t}\right)'\sin 4t+e^{3t}\cdot\left(\sin 4t\right)'=3e^{3t}\sin 4t+4e^{3t}\cos 4t.$$

Тогда

$$\left(x'_t\right)^2+\left(y'_t\right)^2=\left(3e^{3t}\cdot\cos 4t-4e^{3t}\cdot\sin 4t\right)^2+\left(3e^{3t}\cdot\sin 4t+4e^{3t}\cdot\cos 4t\right)^2=$$

$$=9e^{6t}\cos^2 4t-24e^{6t}\cos 4t\cdot\sin 4t+16e^{6t}\sin^2 4t+9e^{6t}\sin^2 4t+$$

$$+24e^{6t}\cdot\sin 4t\cos 4t+16e^{6t}\cos^2 4t=25e^{6t}\cos^2 4t+25e^{6t}\sin^2 4t=$$

$$=25e^{6t}\left(\cos^2 4t+\sin^2 4t\right)=25e^{6t},$$

откуда

$$l=\int_0^{\ln 2}\sqrt{\left(x'_t\right)^2+\left(y'_t\right)^2}\,dt=\int_0^{\ln 2}\sqrt{25e^{6t}}\,dt=\int_0^{\ln 2}5e^{3t}\,dt=\frac{5}{3}e^{3t}\Big|_0^{\ln 2}=$$

$$=\frac{5}{3}e^{3\ln 2}-\frac{5}{3}e^0=\frac{5}{3}e^{3\ln 2}-\frac{5}{3}e^0=\frac{5}{3}e^{\ln 8}-\frac{5}{3}=\frac{5}{3}\cdot 8-\frac{5}{3}=\frac{40-5}{3}=\frac{35}{3}=11\frac{2}{3}.$$

## Комплект вариантов контрольной работы №2

### ВАРИАНТ 1

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int\sqrt{x}\cdot(x+1)(2x+3)dx;\qquad б)\int\frac{5e^{2x}+\sqrt{x^3}\cdot e^x}{e^x}dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int 3\cos 7x dx; \qquad б)\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{3}+1\right)}; \qquad в)\int e^{\sin x-2}\cos x dx.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int \frac{dx}{e+2\sqrt{x}}; \qquad б)\int \frac{e^{3x}dx}{e^x+3} \qquad \left[e^x=t\right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int x\cos\frac{x}{3}dx; \qquad б)\int \ln(x+4)dx; \qquad в)\int \sqrt{x^2+9}\,dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int \frac{2x+3}{x^2-2x+5}dx; \qquad б)\int \frac{x^5+7x^3+x^2+12x+1}{x^4+5x^2+4}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int \cos^2\frac{x}{3}dx; \qquad б)\int \cos^3 x\cdot\sin^2 x dx; \qquad в)\int \sin 4x\cdot\cos 5x dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

$$а)\int_0^4 \sqrt{4x+1}dx; \qquad б)\int_0^{\frac{1}{4}} xe^{4x}dx; \qquad в)\int_2^3 \frac{dx}{x^2-4x+5}dx.$$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

$$а)\int_1^{\infty} \frac{\operatorname{arctg} x dx}{1+x^2}; \qquad б)\int_0^2 \frac{dx}{\sqrt{(2-x)^3}}.$$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2-4x, \quad y=-x+10;$

б) $\rho=\sqrt{3}, \quad \rho=2\cos\varphi.$

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}=1; \quad y=\pm 2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y=\sqrt{4-x^2}\quad -1\le x\le 1; \qquad б)\begin{cases} x=t-\sin t \\ y=1-\cos t \end{cases}\quad 0\le t\le 2\pi.$$

**ВАРИАНТ 2**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int\frac{(x+3)(\sqrt{x}-1)}{\sqrt{x}}dx; \qquad б)\int\frac{4-\sin^2 x}{2-\sin x}dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int 4e^{-5x}dx; \qquad б)\int\frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{2}+7\right)}; \qquad в)\int\frac{\sin x dx}{\cos x+1}.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int\frac{dx}{\sqrt{2x-1}}; \qquad б)\int x(5x-1)^{19}dx \qquad [5x-1=t].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int(2x+1)e^{-3x}dx; \qquad б)\int\arcsin 5x dx; \qquad в)\int\cos\ln 2x dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int\frac{3x+2}{x^2+2x+5}dx; \qquad б)\int\frac{x^5+6x^3+x^2+5x+3}{x^4+4x^2+3}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int\sin^2\frac{x}{3}dx; \qquad б)\int\sin^3 x\cdot\cos^2 x dx; \qquad в)\int\sin 3x\cdot\sin 7x dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{6}}3\cos 3x dx$; б) $\int\limits_1^e x^2\cdot\ln x dx$; в) $\int\limits_{-1}^0\frac{xdx}{\sqrt{4-5x}}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_{-\infty}^{1} \frac{dx}{x^2+3}$; б) $\int\limits_{0}^{3} \frac{xdx}{\sqrt{9-x^2}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+9, \quad y=-3x-1;$

б) $\rho=2, \quad \rho=4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{16}-\frac{y^2}{9}=1; \quad x=8$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$a) y=\ln\sin x$

$\frac{\pi}{6}\le x\le\frac{\pi}{2};$

$б)\begin{cases} x=2\cos^3 t \\ y=2\sin^3 t \end{cases}$

$0\le t\le \pi/2.$

**ВАРИАНТ 3**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$a) \int \frac{1}{x^3}\left(3x^2-\frac{1}{x^6}\right)dx;$ б) $\int \frac{x^2-6}{x^4-36}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$a) \int 2\sin\frac{x}{10}dx;$ $б) \int \frac{dx}{(5x+8)^2};$ $в) \int \frac{e^x dx}{\sqrt{1-e^{2x}}}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$a) \int \frac{dx}{x\sqrt{2x-9}};$ $б) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+4}}$ $\left[x=\frac{2}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

$a) \int\left(\frac{x}{2}-1\right)\sin 2x dx;$ $б) \int (x+4)\ln x dx;$ $в) \int e^{3x}\cos x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int\frac{1-2x}{x^2-2x+2}dx; \qquad б)\int\frac{x^5+5x^3+x^2+4x+2}{x^4+3x^2+2}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int\sin^2\frac{x}{2}\cdot\cos^2\frac{x}{2}dx; \qquad б)\int\cos^3 x\sqrt{\sin x}\,dx; \qquad в)\int\cos 3x\cdot\cos 8x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_1^2\frac{dx}{x(x+1)}$ ; б) $\int\limits_0^1\operatorname{arctg}x dx$ ; в) $\int\limits_2^5\frac{dx}{x\sqrt{x-1}}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_{-1}^{\infty}\frac{dx}{x^2+2x+2}$; б) $\int\limits_4^5\frac{dx}{\sqrt[3]{(5-x)^2}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2+2x, \quad y=x+6;$

б) $\rho=1+\cos\varphi, \quad \rho=1$ ( правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{16}=1; \quad y=2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)y=\frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}} \quad 0\le x\le 3; \qquad б)\begin{cases}x=4\sin t+3\cos t\\ y=3\sin t-4\cos t\end{cases} \quad 0\le t\le\pi.$$

**ВАРИАНТ 4**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int\frac{5x^2-4x+12}{x^2}dx; \qquad б)\int\frac{1-4\sin^2 x}{\sin^2 x}dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а)\int \frac{7dx}{\cos^2 3x};$ $б)\int e^{\frac{x}{2}+3}dx;$ $в)\int \frac{\sqrt{\ln x+2}}{x}dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а)\int \frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x}};$ $б)\int \frac{xdx}{(3-x)^7}$ $[3-x=t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а)\int (8x+3)\cos 8xdx;$ $б)\int \ln 8xdx;$ $в)\int \sin(15\ln x)dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а)\int \frac{2x^2+7x+4}{x^3+4x^2+4x}dx;$ $б)\int \frac{x^5+7x^3+x^2+10x+3}{x^4+5x^2+6}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а)\int \cos^2\frac{x}{5}dx;$ $б)\int \sin^3 x\cdot\sqrt{\cos x}\,dx;$ $в)\int \sin 7x\cdot\cos 5xdx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{\frac{1}{5}} \frac{e^x dx}{e^{6x-1}}$ ; б) $\int_{-\pi}^{\pi} x\sin\frac{x}{3}dx$ ; в) $\int_1^9 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_0^{\infty} x\cdot e^{-x^2}dx;$ б) $\int_2^3 \frac{xdx}{x^2-4}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+4,\quad y=x-2;$

б) $\rho=4\cos\varphi,\quad \rho=4\sin\varphi.$

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{4}+\frac{y^2}{9}=1;\quad x=1$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а) y = e^{\frac{x}{2}} + e^{-\frac{x}{2}}$ $0 \le x \le 4;$

$б) \begin{cases} x = \cos t + t\sin t \\ y = \sin t - t\cos t \end{cases}$ $0 \le t \le 2\pi.$

**ВАРИАНТ 5**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int \frac{\left(\sqrt{x}+2\right)x}{\sqrt[3]{x}}dx;$ б) $\int \frac{x^2-4x+3}{x-3}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int \frac{3dx}{\sin^2\frac{x}{4}};$ $б) \int \cos(2-5x)dx;$ $в) \int \frac{xdx}{x^2+3}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+\sqrt{x}};$ $б) \int \frac{dx}{x\sqrt{4-x^2}}$ $\left[x = \frac{2}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int (x+4)\ln 5x dx;$ $б) \int \left(x^2-1\right)5^{-x}dx;$ $в) \int \sqrt{x^2-1}\,dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а) \int \frac{3-2x}{x^2+4x+5}dx;$ $б) \int \frac{x^5+8x^3+x^2+16x+2}{x^4+6x^2+8}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а) \int \sin^2\frac{x}{5}dx;$ $б) \int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\sin^2 x}};$ $в) \int \sin 6x \cdot \sin 2x dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_8^{20}\left(\frac{x}{2}+5\right)^{\frac{1}{2}}dx$ ; б) $\int_0^{\pi}(x-\pi)\cos x dx$ ; в) $\int_0^{\ln 2}\frac{e^x dx}{\left(e^x+1\right)^2}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_1^{\infty}\frac{\ln x}{x}dx;$ б) $\int_{-1}^{0}\frac{x^2dx}{x^3+1}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 + 4, \quad y = 5x + 12;$

б) $\rho = 4\cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y^2 = 2x; \quad x = 2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$a)\ y = \ln\cos x \qquad 0 \le x \le \frac{\pi}{3}$$

$$б)\begin{cases} x = \left(t^2 - 2\right)\sin t + 2t\cos t \\ y = \left(2 - t^2\right)\cos t + 2t\sin t \end{cases} \qquad 0 \le t \le \pi.$$

**ВАРИАНТ 6**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int x\left(\sqrt{x} - 9\right)\left(\sqrt{x} + 9\right)dx; \qquad б)\int \frac{5x\sin x + 2}{x}dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int \frac{5dx}{9 + 4x^2}; \qquad б)\int \sin\left(\frac{1}{3}x + 4\right)dx; \qquad в)\int \cos\left(x^3 + 3\right)x^2 dx.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int \frac{dx}{x - 3\sqrt{x}}; \qquad б)\int \frac{dx}{e^x - 2} \qquad \left[e^x = t\right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int\left(1 - \frac{5}{2}x\right)\sin 5x dx; \qquad б)\int (2x - 5)\ln x dx; \qquad в)\int e^x \sin\frac{x}{4}dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int \frac{3x - 4}{x^2 + 4x + 5}dx; \qquad б)\int \frac{x^5 + 9x^3 + x^2 + 20x + 3}{x^4 + 7x^2 + 12}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int \sin^2\frac{x}{4}\cdot\cos^2\frac{x}{4}dx; \qquad б)\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt{\cos x}}dx; \qquad в)\int \cos 5x\cdot\cos 7x\,dx$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{8}^{0,5} \frac{dx}{(6x-1)^2}$ ; б) $\int_{0}^{\pi} \frac{xdx}{e^{2x}}$ ; в) $\int_{0}^{\frac{\pi}{3}} \sin^3 x dx$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{0}^{\infty} \frac{xdx}{(2+x^2)^2}$; б) $\int_{-2}^{0} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+8}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 + 1, \quad y = -x - 11;$

б) $\rho = 6\sin\varphi, \quad \rho = \frac{1}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y^2 = -3x; \quad x = -3$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а) y = 4 - 3\ln(x^2 - 9)$
$4 \le x \le 6;$

$б) \begin{cases} x = 2\cos t - \cos 2t \\ y = 2\sin t - \sin 2t \end{cases}$
$0 \le t \le \frac{\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 7**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int \frac{5}{x^2}\left(\frac{x}{25} - x^2\right)dx;$ б) $\int \frac{(81 - x^2)\,dx}{x-9}$ .

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int \frac{6dx}{\sqrt{4-9x^2}};$ $б) \int (5x+1)^8\,dx;$ $в) \int \frac{\sqrt{\mathrm{tg}x}\,dx}{\cos^2 x}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{xdx}{\sqrt{x+2}};$ $б) \int x(1-3x)^8\,dx \quad [1-3x=t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int x\cos\left(\frac{x}{5} - 1\right)dx;$ $б) \int \mathrm{arctg}2x dx;$ $в) \int e^{4x}\sin x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\ \int \frac{5+2x}{x^2-6x+10}\,dx; \qquad б)\ \int \frac{x^5+6x^3+x^2+8x+1}{x^4+5x^2+4}\,dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\ \int \sin^2\frac{x}{8}\cdot\cos^2\frac{x}{8}\,dx; \qquad б)\ \int \frac{\sin^3 x\,dx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}\,dx; \qquad в)\ \int \cos 5x\cdot\sin 6x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

$$а)\ \int_{-0,5}^{1} 2\sin \pi x\,dx; \qquad б)\ \int_{1}^{e} \frac{\ln x\,dx}{x^2}\ ; \quad в)\ \int_{0}^{2} \frac{x\,dx}{(x+1)^2}\ .$$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

$$а)\ \int_{0}^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{3x+4}}; \qquad б)\ \int_{0}^{1} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}.$$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -x + 6;$

б) $\rho = 2(1-\cos\varphi), \quad \rho = 3$ (левая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y = x^2 + 1; \quad y = 2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y = \sqrt{9-x^2} \quad -\frac{3}{2} \le x \le \frac{3}{2}; \qquad б)\ \begin{cases} x = 2t^3 + 1 \\ y = \dfrac{t^3}{3} - 2 \end{cases} \quad 0 \le t \le 3.$$

**ВАРИАНТ 8**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\ \int \left(\frac{3}{x}+4\right)\cdot\left(\sqrt{x}+1\right)dx; \qquad б)\ \int \frac{6+x^2}{36-x^4}\ dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а*) $\int 2\cos\frac{x}{4}dx;$ *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt{4x-3}};$ *в*) $\int \frac{dx}{\operatorname{ctg}^3 x \cdot \sin^2 x}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+1}};$ *б*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+9}}$ $\left[x=\frac{3}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int \left(\frac{x}{5}+7\right)e^{0,1x}dx;$ *б*) $\int x\operatorname{arctg}x dx;$ *в*) $\int \sin \ln x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{2-5x}{x^2+6x+10}dx;$ *б*) $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-3}{x^4+4x^2+3}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2 \frac{x}{6}dx;$ *б*) $\int \frac{\sin^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\cos^2 x}};$ *в*) $\int \cos 4x \cdot \cos 7x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{-3}^{0}(x+4)^{-2}dx;$ б) $\int_{0}^{\frac{\pi}{2}}(x+4)\sin 2x dx;$ в) $\int_{1}^{e}\frac{\sqrt{\ln x}}{x}dx.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{e}^{\infty}\frac{dx}{x\ln x};$ б) $\int_{1}^{2}\frac{dx}{x^2-5x+6}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+4,\quad y=-x-2;$

б) $\rho=4(1+\sin\varphi),\quad \rho=4$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y=x^2-8;\quad y=-4$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$a) y = \ln(2\sin x)$

$$\frac{\pi}{4} \le x \le \frac{\pi}{2};$$

$б) \begin{cases} x = \dfrac{t^3}{3} + 1 \\ y = \dfrac{2}{9} t^{\frac{9}{2}} - 3 \end{cases}$

$0 \le t \le 2.$

**ВАРИАНТ 9**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$a) \int \left( \frac{1}{x^2} + \frac{1}{\sqrt{x}} \right) \cdot x dx;$ б) $\int \frac{\sqrt{x^2+3}\, dx}{x^2+3}$.

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$a) \int 3e^{\frac{x}{7}} dx;$ $б) \int \frac{dx}{(5x+2)^3};$ $в) \int \frac{\operatorname{arctg}^4 x dx}{1+x^2}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$a) \int \frac{dx}{\sqrt{x} + 2\sqrt[3]{x}};$ $б) \int \frac{x dx}{(4x+5)^{10}}$ $[4x+5=t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$a) \int (7x+1)\sin \frac{x}{7} dx;$ $б) \int x^{-5} \ln x dx;$ $в) \int \operatorname{arctg}^2 x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$a) \int \frac{1-4x}{x^2-2x+10} dx;$ $б) \int \frac{x^5+5x^3-x^2+4x-2}{x^4+3x^2+2} dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$a) \int \sin^2 \frac{x}{6} \cdot \cos^2 \frac{x}{6} dx;$ $б) \int \cos^3 x \cdot \sin^4 x\, dx;$ $в) \int \cos 7x \cdot \sin 4x\, dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{\pi} \frac{5dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}$; б) $\int_{\frac{1}{e}}^{1} x^2 \ln x dx$; в) $\int_{-\frac{\pi}{3}}^{0} \frac{\sin x dx}{\cos^3 x}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_0^{\infty} \frac{arctg^2 x}{1+x^2} dx;$ б) $\int_2^3 \frac{dx}{\sqrt{(3-x)^5}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 + 4x, \quad y = x + 10;$

б) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 2$ (нижняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y = \sin x,\ y = 2 - \frac{2}{\pi}x,\ y = 0$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y = \frac{4}{3}(x+2)^{\frac{3}{2}} \quad -1 \le x \le 2; \qquad б)\begin{cases} x = 3(t - \sin t) \\ y = 3(1 - \cos t) \end{cases} \quad 0 \le t \le \pi.$$

**ВАРИАНТ 10**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а)\ \int \frac{7x^2 + 6x - 5}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{x^2 - 6x + 5}{x - 5}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а)\ \int 5\sin 8x\,dx;$ $б)\ \int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{4} + 1\right)};$ $в)\ \int \frac{\arcsin^3 x dx}{\sqrt{1 - x^2}}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а)\ \int \frac{dx}{\sqrt{x^3} + 4\sqrt{x}};$ $б)\ \int \frac{dx}{x\sqrt{9 - x^2}}$ $\left[x = \frac{3}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а)\ \int x\cos\left(5 - \frac{x}{10}\right)dx;$ $б)\ \int \arccos 3x dx;$ $в)\ \int e^x \sin 2x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а)\ \int \frac{5x + 3}{x^2 + 2x + 10}dx;$ $б)\ \int \frac{x^5 + 7x^3 - x^2 + 10x - 3}{x^4 + 5x^2 + 6}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а)\ \int \cos^2 \frac{2x}{5}dx;$ $б)\ \int \sin^3 x \cdot \cos^4 x dx;$ $в)\ \int \sin 11x \cdot \sin 5x dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{0,1} \frac{5dx}{e^{1-5x}}$ ; б) $\int_0^{e-1} (x+1)\cdot \ln(x+1)dx$; в) $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 x dx$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{-\infty}^{0} \frac{dx}{x^2+1}$; б) $\int_4^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+8}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+9, \quad y=3x-1;$

б) $\rho=1+\cos\varphi, \quad \rho=\frac{3}{4\cos\varphi}$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y=\cos x,\ y=1,\ x=-\frac{\pi}{2}$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а)* $y=\frac{3}{2}\left(e^{\frac{x}{3}}+e^{-\frac{x}{3}}\right)$ $0\le x\le 3$

*б)* $\begin{cases} x=4\cos^3 t \\ y=4\sin^3 t \end{cases}$ $\frac{\pi}{2}\le t\le \pi.$

**ВАРИАНТ 11**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int \frac{7\sqrt{x}+x\cdot\sqrt[3]{x}}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{(1-\cos^2 x)dx}{x^2\cdot\sin^2 x}$ .

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int \frac{3dx}{\cos^2\frac{x}{10}};$ *б)* $\int (7x-2)^5 dx;$ *в)* $\int \operatorname{ctg}\ x dx.$ .

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а)* $\int \frac{dx}{x+3\sqrt{x}};$ *б)* $\int \frac{dx}{e^x+5}$ $[x=\ln t]$.

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int (x^2 - 2x)\ln x dx$; *б*) $\int x \cdot 10^{5x} dx$; *в*) $\int e^{3x} \cdot \cos x dx$.

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{5x+2}{x^2-6x+13} dx$; *б*) $\int \frac{x^5+8x^3-x^2+16x-2}{x^4+6x^2+8} dx$.

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2 \frac{2x}{5} dx$; *б*) $\int \cos^3 x \cdot x \sqrt[4]{\sin^3} dx$; *в*) $\int \cos 9x \cdot \cos 6x dx$.

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{16x+9}}$ ; б) $\int_0^{2\frac{\pi}{3}} (x+1)\cos 2x dx$ ; в) $\int_{-1}^0 \frac{\text{arctg}x}{x^2+1} dx$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_4^\infty \frac{dx}{x^2-4x+8}$; б) $\int_0^2 \frac{xdx}{\sqrt{4-x^2}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -3x + 12;$

б) $\rho = 1, \quad \rho = 4\cos\varphi$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{25} - \frac{y^2}{9} = 1; \quad y = \pm 3$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а*) $y = \ln(5\cos x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3}$;

*б*) $\begin{cases} x = 8\sin t + 6\cos t \\ y = 6\sin t - 8\cos t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

**ВАРИАНТ 12**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а*) $\int (x+2)(1-x)\sqrt{x} dx$; б) $\int \frac{4e^{5x} - x^4 \cdot e^{4x} dx}{e^{4x}} dx$.

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а*) $\int \frac{4dx}{\sin^2 10x}$; *б*) $\int e^{\frac{x}{5}+2}dx$; *в*) $\int \cos^2 x \sin x\,dx$. .

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а*) $\int \frac{(x+1)\,dx}{\sqrt{3x+2}}$; *б*) $\int x(3-2x)^{11}dx$ $\left[3-2x=t\right]$.

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int \ln 12x dx$; *б*) $\int x\left(\cos^2 x-\sin^2 x\right)dx$; *в*) $\int \sqrt{x^2+7}\,dx$.

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{4-2x}{x^2+6x+13}dx$; *б*) $\int \frac{x^5+9x^3+x^2+18x+4}{x^4+7x^2+12}dx$.

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2\frac{x}{5}\cdot\cos^2\frac{x}{5}dx$; *б*) $\int \sin^3 x\sqrt[3]{\cos^2 x}\,dx$; *в*) $\int \cos 6x\cdot\sin 4x\,dx$.

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{-1}^{0}\frac{dx}{(3x+4)^2}$; б) $\int_{0}^{1} xe^{9x}dx$; в) $\int_{-4}^{-3}\frac{dx}{x^2+8x+15}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{0}^{\infty} x^2\cdot e^{-x^3}dx$; б) $\int_{0}^{2}\frac{dx}{\sqrt[4]{(2-x)^3}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+25,\quad y=-x+13$;

б) $\rho=2,\quad \rho=2\sqrt{2}\sin\varphi$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}=1;\quad x=6$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а*) $y=3+\ln(x^2-1)$ $2\le x\le 3$;

*б*) $\begin{cases}x=2(\cos t+t\sin t)\\ y=2(\sin t-t\cos t)\end{cases}$ $\pi\le t\le 2\pi$.

**ВАРИАНТ 13**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int x^2 \cdot \sqrt{x} \cdot \sqrt[3]{x^4}\, dx;$ б) $\int \frac{\sin^2 5x + \cos^2 5x}{\sqrt{16 - x^2}} dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int \frac{7dx}{25 + 9x^2};$ *б)* $\int \cos\left(\frac{x}{4} - 7\right) dx;$ *в)* $\int \frac{e^x\, dx}{e^x + 5}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x + 36}};$ *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2 + 25}}$ $\left[x = \frac{5}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

*а)* $\int x^2 \sin x dx;$ *б)* $\int \ln(7x + 9)\, dx;$ *в)* $\int \arcsin^2 x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а)* $\int \frac{3x - 1}{x^2 - 4x + 8} dx;$ *б)* $\int \frac{x^5 + 6x^3 - x^2 + 8x - 1}{x^4 + 5x^2 + 4} dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а)* $\int \cos^2 \frac{x}{7} dx;$ *б)* $\int \cos^3 x \cdot \sqrt[3]{\sin x}\, dx;$ *в)* $\int \sin 12x \cdot \cos 8x dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{\frac{\pi}{6}} \left(\frac{1}{2} - \sin^2 x\right) dx$ ; б) $\int_0^{\pi} x \cdot \sin \frac{x}{3} dx$ ; в) $\int_{-1}^{0} \frac{dx}{3 + \sqrt{x + 1}}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_e^{\infty} \frac{\ln^2 x dx}{x};$ б) $\int_3^4 \frac{x dx}{x^2 - 9}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 - 8x, \quad y = x;$

б) $\rho = 1 + \cos\varphi, \quad \rho = \frac{3}{2}$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y^2 = 5x, \ x = 5$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а)\ y=\sqrt{16-x^2}$
$-2\le x\le 2;$

$б)\begin{cases}x=(t^2-2)\sin t+2t\cos t\\ y=(2-t^2)\cos t+2t\sin t\end{cases}$
$\pi\le t\le 2\pi.$

**ВАРИАНТ 14**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а)\int(x^2\cdot\sqrt{x}-4x^3+3)\,dx;$ б) $\int(1+x+tg^2x)\,dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а)\int\frac{3dx}{\sqrt{36-25x^2}};$ $б)\int\sin\left(\frac{x}{7}+4\right)dx;$ $в)\int\frac{\sqrt[3]{\ln x}}{x}dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а)\int\frac{dx}{\sqrt{x}-2\sqrt[3]{x}};$ $б)\int\frac{xdx}{(3x+4)^6}$ $[3x+4=t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а)\int(2x+7)\cos\frac{1}{7}xdx;$ $б)\int\operatorname{arctg}\frac{1}{x}dx;$ $в)\int e^{5x}\cdot\sin xdx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а)\int\frac{3x-5}{x^2+4x+8}dx;$ $б)\int\frac{x^5+5x^3+2x^2+4x+6}{x^4+4x^2+3}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а)\int\sin^2\frac{x}{7};$ $б)\int\sin^3x\cdot\sqrt[4]{\cos x}\,dx;$ $в)\int\cos 8x\cdot\cos 5x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_{0,25}^{0,5}\frac{5dx}{\sin^2\pi x}$ ; б) $\int\limits_{-1}^{0}\frac{xdx}{e^x}$; в) $\int\limits_{0}^{5}x\cdot\sqrt{x+4}\,dx$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_{0}^{\infty}\frac{xdx}{(3+x^2)^3};$ б) $\int\limits_{-1}^{0}\frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+1}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+4,\quad y=-5;$

б) $\rho = \sqrt{3}\cos\varphi, \quad \rho = \sin\varphi.$

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y^2 = -4x, \;\; x = -4$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а) y = \ln(3\sin x) \qquad \frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3};$$

$$б) \begin{cases} x = 3\cos t - \cos 3t \\ y = 3\sin t - \sin 3t \end{cases} \qquad \frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$$

**ВАРИАНТ 15**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а) \int x \cdot \left( \frac{7}{x^3} + \frac{2}{x^2} + 3 \right) dx; \qquad б) \int (4 + ctg^2 x)\, dx\,.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а) \int 2\cos 8x dx; \qquad б) \int \frac{dx}{\sqrt{\frac{x}{3} + 1}}; \qquad в) \int \frac{x^2 dx}{x^3 + 4}.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а) \int \frac{dx}{\sqrt{x^3} - 4\sqrt{x}}; \qquad б) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2 - 25}} \qquad \left[ x = \frac{5}{t} \right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а) \int x \cdot e^{x+100} dx; \qquad б) \int \ln 12x\, dx; \qquad в) \int \cos \ln 5x dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а) \int \frac{2x+3}{x^2 - 4x + 13} dx; \qquad б) \int \frac{x^5 + 4x^3 + 2x^2 + 3x + 4}{x^4 + 3x^2 + 2} dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а) \int \sin^2 \frac{x}{7} \cdot \cos^2 \frac{x}{7} dx; \quad б) \int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x \sqrt{\sin x}} dx; \qquad в) \int \sin 7x \cdot \cos 3x\, dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

$$а) \int_{-\sqrt{3}}^{0} \frac{\sqrt{3} dx}{x^2 + 3}; \quad б) \int_0^1 x \sin \frac{\pi x}{4} dx; \quad в) \int_1^2 \frac{x dx}{(2x-1)^3}.$$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_e^{\infty} \frac{dx}{x\ln^2 x}$; б) $\int\limits_0^2 \frac{dx}{\sqrt{4-x^2}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 + 2x, \quad y = 2x + 16;$

б) $\rho = \cos\varphi, \quad \rho = \frac{3}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{4} = 1; \quad y = 1$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$a) y = 2(x+3)^{\frac{3}{2}}$, $-2 \le x \le 1;$

$б) \begin{cases} x = \frac{t^3}{3} - 1 \\ y = 2t^2 + 3 \end{cases}$, $0 \le t \le 3.$

**ВАРИАНТ 16**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$a) \int \frac{(x^3\sqrt{x} - 2x)dx}{x^3}$; б) $\int \frac{\sqrt{64-x^2}}{64-x^2}dx$.

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$a) \int 3e^{-\frac{x}{7}}dx$; $б) \int e^{-3x^2}xdx$; $в) \int \frac{dx}{\sin^2(4x-5)}$.

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$a) \int \frac{dx}{x + 2\sqrt{x}}$; $б) \int \frac{e^{3x}dx}{e^x - 4}$ $[x = \ln t]$.

4. Проинтегрировать по частям:

$a) \int (12x+1)\cdot e^{\frac{x}{2}}dx$; $б) \int (x^2 - 4x + 4)\ln x dx$; $в) \int \sin(5\ln x)dx$.

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$a) \int \frac{3x-7}{x^2+4x+13}dx$; $б) \int \frac{x^5 + 7x^3 + x^2 + 12x + 2}{x^4 + 5x^2 + 6}dx$.

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а)* $\int \cos^2 \frac{x}{8} dx;$ *б)* $\int \frac{\sin^3 x\, dx}{\cos x \sqrt{\cos x}}$ ; *в)* $\int \sin 5x \cdot \sin 8x\, dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{-1}^{0} \frac{dx}{\sqrt{16-9x}}$ ; б) $\int_{0}^{1} (2x+1)\ln(x+1)dx;$ в) $\int_{-3}^{5} x \cdot \sqrt{x+4}\, dx.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{2}^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+5};$ б) $\int_{-3}^{1} \frac{dx}{(3+x)^3}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = -x^2 + 9, \quad y = -7;$

б) $\rho = 4\sin\varphi, \quad \rho = \frac{3}{\sin\varphi}$ ( верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{36} + \frac{y^2}{9} = 1; \quad x = 3$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а)* $y = 2\left(e^{\frac{x}{4}} + e^{-\frac{x}{4}}\right)$ $0 \le x \le 4;$

*б)* $\begin{cases} x = 3(\cos t + t\sin t) \\ y = 3(\sin t - t\cos t) \end{cases}$ $\frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 17**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int \frac{\sqrt[5]{x} \cdot \sqrt[5]{x^4} - \sqrt[4]{x^5}}{x} dx;$ б) $\int 4\sin\frac{x}{4} \cdot \cos\frac{x}{4} \cdot \cos\frac{x}{2} dx$ .

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int 25\sin\frac{x}{9} dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt{tgx} \cdot \cos^2 x};$ *в)* $\int \frac{dx}{\cos^2(4x+7)}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а*) $\int \frac{(1-x)\,dx}{\sqrt{x-5}}$; *б*) $\int x(3x+1)^8\,dx$ $\left[3x+1=t\right]$.

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int (x+7)\cdot \sin 7x dx$; *б*) $\int x^{100}\cdot \ln x\,dx$; *в*) $\int e^{20x}\cdot \cos x dx$.

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{2x+1}{x^2-6x+18}dx$; *б*) $\int \frac{x^5+4x^3+x^2+2}{x^4+6x^2+8}dx$.

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2\frac{x}{8}\cdot\cos^2\frac{x}{8}dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}dx$; *в*) $\int \cos 5x\cdot\sin 6x\,dx$.

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{\frac{2}{3}} \frac{dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; б) $\int_{-3}^{-2}(x+3)e^{x+3}dx$; в) $\int_{-1}^{0}\frac{dx}{\sqrt{x+1}+2}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_0^{\infty}\frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+1}}$; б) $\int_1^3 \frac{dx}{x^2-2x-3}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2-6x,\quad y=-6x+4;$

б) $\rho=1-\cos\varphi,\quad \rho=1$ (левая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y=x^2+4;\quad y=8$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а*) $y=\ln(4\cos x)$ $0\le x\le\frac{\pi}{6}$;

*б*) $\begin{cases}x=5\cos^3 t\\ y=5\sin^3 t\end{cases}$ $\pi\le t\le\frac{3\pi}{2}$.

**ВАРИАНТ 18**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а*) $\int \frac{16x^4 - 1(x^3\sqrt{x} - 2x)}{(2x-1)(2x+1)}dx;$ б) $\int \frac{20dx}{\cos(1+tg^2 x)}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а*) $\int \frac{6dx}{\cos^2 5x};$ *б*) $\int \frac{e^{-2ctgx}dx}{\sin^2 x};$ *в*) $\int e^{-\frac{x}{7}+2}dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+16}};$ *б*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{16-x^2}}$ $\left[x = \frac{4}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int x \cdot \cos(7x+9)dx;$ *б*) $\int \ln(10-x)dx;$ *в*) $\int \sqrt{x^2 - 10}\,dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{2x-1}{x^2+6x+18}dx;$ *б*) $\int \frac{x^5 + 9x^3 - x^2 + 20x - 3}{x^4 + 7x^2 + 12}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2 \frac{x}{8} \cdot \cos^2 \frac{x}{8}dx;$ *б*) $\int \frac{\sin^3 xdx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}dx;$ *в*) $\int \cos 5x \cdot \sin 6x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{4\pi} 6\cos\frac{x}{12}dx;$ б) $\int_{-\sqrt{3}}^{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} x\,dx;$ в) $\int_2^7 \frac{xdx}{\sqrt{x+2}}.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{-\infty}^{3} \frac{dx}{x^2 - 6x + 10};$ б) $\int_0^2 \frac{dx}{(x-2)^4}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = -x^2 + 1, \quad y = -3;$

б) $\rho = 4(1 + \sin\varphi), \quad \rho = 4$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y = x^2 - 2; \quad y = -1$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а) y = 5 - 3\ln(x^2 - 9)$
$4 \le x \le 5;$

$б) \begin{cases} x = 8\sin t - 6\cos t \\ y = 6\sin t + 8\cos t \end{cases}$
$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 19**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int \frac{x^3 - 2x^2 + x}{x - 1} dx;$ б) $\int e^x (12e^{-x} + 3)\, dx$ .

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int \frac{4dx}{\sin^2 \frac{x}{6}};$ $б) \int \frac{dx}{(1 + x^2) arctg^2 x};$ $в) \int \frac{dx}{5x - 3}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{dx}{\sqrt{x} - 5\sqrt[3]{x}};$ $б) \int \frac{xdx}{(5 - x)^8}$ $[5 - x = t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int 2x \sin 4x \cdot \cos 4x\, dx;$ $б) \int x^2 \cdot \ln x dx;$ $в) \int e^x \cdot \cos 12x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а) \int \frac{3x - 4}{x^2 - 2x + 17} dx;$ $б) \int \frac{x^5 + 6x^3 + x^2 + 5x + 4}{x^4 + 5x^2 + 4} dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а) \int \sin^2 \frac{x}{8};$ $б) \int \sin^5 x \cdot \sqrt[4]{\cos x}\, dx;$ $в) \int \cos 8x \cdot \cos 6x\, dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{-\frac{\pi}{12}}^{0} 12\sin 6x dx;$ б) $\int_0^1 x e^{1-x} dx$ ; в) $\int_0^1 \frac{xdx}{(x^2 + 2x + 1)^2}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{-\infty}^{3} \frac{dx}{x^2 - 2x + 5};$ б) $\int_{-1}^{2} \frac{dx}{(x + 1)^3}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 + 6x, \quad y = 6x - 25;$
б) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 1$ (нижняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y = \sin x,\ y = 0,\ x = \frac{\pi}{2}$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y = \sqrt{25 - x^2} \quad -\frac{5}{2} \le x \le \frac{5}{2}; \qquad б)\ \begin{cases} x = 4(t - \sin t) \\ y = 4(1 - \cos t) \end{cases} \quad \frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$$

**ВАРИАНТ 20**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int x\left(\sqrt{x} - 1\right)\cdot\frac{9}{x}\,dx; \qquad б)\int\frac{(x-3)(x+3)}{x^4 - 81}\,dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int\frac{3dx}{16 + 25x^2}; \qquad б)\int\frac{e^{\arcsin x}dx}{\sqrt{1 - x^2}}; \qquad в)\int\left(3x + \frac{1}{7}\right)^4 dx.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int\frac{dx}{\sqrt{x^3} + 9\sqrt{x}}; \qquad б)\int\frac{dx}{x\sqrt{x^2 - 9}}\ . \qquad \left[x = \frac{3}{t}\right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int x^{\frac{3}{2}}\cdot\ln x dx; \qquad б)\int x^2\cdot e^{3x}dx; \qquad в)\int\sqrt{x^2 + 12}\,dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int\frac{4x+3}{x^2 + 2x + 17}\,dx; \qquad б)\int\frac{x^5 + 5x^3 - 2x^2 + 4x - 6}{x^4 + 4x^2 + 3}\,dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int\sin^2\frac{x}{9}dx; \qquad б)\int\sin^3 x\cdot\sqrt[7]{\cos^4 x}\,dx; \qquad в)\int\cos 9x\cdot\cos 11x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

$$а)\int_0^9\sqrt[3]{1 - x}\,dx; \qquad б)\int_0^{\frac{1}{2}} x\cdot\sin x dx\ ; \qquad в)\int_0^{\ln 2}\frac{dx}{e^x + 1}dx.$$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_1^{\infty} x \cdot e^{-2x^2} dx;$ б) $\int\limits_1^{e} \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -2x + 1;$

б) $\rho = 1 - \cos\varphi, \quad \rho = -\frac{3}{4\sin\varphi}.$

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y = \cos x,\ y = 1,\ x = \frac{\pi}{2}$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$a) y = \ln(4\sin x) \quad \frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4};$

$б) \begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases} \quad \frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 21**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int (7x+2)\left(\frac{7}{x} - 1\right) dx;$ б) $\int \frac{x^2 \cdot \cos x\, dx}{2 \cdot \left(\cos^2\frac{x}{2} - \sin^2\frac{x}{2}\right)}.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int \frac{5dx}{\sqrt{16 - 9x^2}};$ $б) \int \sqrt{\cos x}\, \sin x dx;$ $в) \int \cos\left(\frac{x}{2} + 1\right) dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{dx}{x - 7\sqrt{x}};$ $б) \int \frac{dx}{e^x - 4} \quad [x = \ln t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int x \cdot \sin \pi x dx;$ $б) \int x^5 \cdot \ln 5x dx;$ $в) \int \arccos^2 x\, dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а) \int \frac{3x - 4}{x^2 - 4x + 20} dx;$ $б) \int \frac{x^5 + 4x^3 - 2x^2 + 3x - 4}{x^4 + 3x^2 + 2} dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а)* $\int \sin^2\frac{x}{9}\cdot\cos^2\frac{x}{9}dx;$ *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[5]{\sin^4 x}\,dx;$ *в)* $\int \cos 11x\cdot\sin 5x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_0^{2\pi} 5\sin\frac{x}{4}dx;$ б) $\int\limits_0^{1-e}\ln(x+e)dx$ ; в) $\int\limits_{-1}^{0}\frac{xdx}{x^2+6x+9}$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_e^{\infty}\frac{dx}{x\ln^3 x};$ б) $\int\limits_2^4\frac{dx}{x^2-2x-8}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2-4x,\quad y=-2x+5;$

б) $\rho=\sqrt{2},\quad \rho=2\cos\varphi$ ( правая фигура ).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{4}-y^2=1;\quad y=\pm 1$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$ .

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а)* $y=\frac{2}{3}(x+4)^{\frac{3}{2}}$ $-3\le x\le 0;$

*б)* $\begin{cases}x=4\cos t-\cos 4t\\ y=4\sin t-\sin 4t\end{cases}$ $\pi\le t\le\frac{3\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 22**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int x^3\left(x^{\frac{4}{3}}+\sqrt[3]{x^2}\right)dx;$ б) $\int\frac{x^2-6x-8}{x-2}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int 5\cos\ 9xdx;$ *б)* $\int\frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{5}+3\right)};$ *в)* $\int\frac{\cos\ xdx}{1+\sin^2 x}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а)* $\int\frac{(x-3)\,dx}{\sqrt{5x-1}};$ *б)* $\int x(5x+3)^9\,dx$ $\left[5x+3=t\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а)\int x\cdot\left(\cos^2\frac{x}{2}-\sin^2\frac{x}{2}\right)dx;\ \ б)\int x^{-\frac{1}{2}}\operatorname{arctg}\sqrt{x}dx;\qquad в)\int\sin 3xdx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а)\int\frac{3x+2}{x^2+4x+20}dx;\qquad б)\int\frac{x^5+7x^3-x^2+12x-2}{x^4+5x^2+6}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а)\int\cos^2\frac{2x}{3}dx;\qquad б)\int\sin^3 x\cdot\sqrt[5]{\cos^4 x}\,dx;\qquad в)\int\sin 12x\cdot\sin 7xdx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_0^{\ln 2}e^x(e^x+1)dx;$ б) $\int\limits_1^{\sqrt{3}}\operatorname{arctg}xdx$ ; в) $\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{3}}\frac{dx}{\sin 2x}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_2^{\infty}\frac{2xdx}{\sqrt{(x^2+5)^3}};$ б) $\int\limits_4^5\frac{xdx}{x^2-16}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+16,\quad y=-9;$

б) $\rho=2\sqrt{2},\quad \rho=4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$x^2-\frac{y^2}{9}=1;\quad x=2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а)y=\frac{1}{4}\left(e^{2x}+e^{-2x}\right)$

$0\le x\le 1;$

$б)\begin{cases}x=\frac{3}{2}t^2-2\\ y=\frac{t^3}{3}+5\end{cases}$

$0\le t\le 4.$

**ВАРИАНТ 23**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а)\int \frac{x^3-16x}{x+4}dx;$ б) $\int \frac{x^3e^x+3e^{2x}}{e^x}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а)\int 5e^{5x}dx;$ $б)\int \frac{e^x dx}{e^x-4};$ $в)\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{8}-3\right)}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а)\int \frac{dx}{x\sqrt{2x-25}};$ $б)\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-16}}$ $\left[x=\frac{4}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а)\int (7x-4)\cdot e^{4-x}dx;$ $б)\int \frac{\ln x}{(1+x)^2}dx;$ $в)\int \cos(3\ln x)\,dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а)\int \frac{2x+3}{x^2-4x+29}dx;$ $б)\int \frac{x^5+8x^3+x^2+12x+4}{x^4+6x^2+8}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а)\int \sin^2\frac{2x}{3}dx;$ $б)\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x\sqrt{\sin x}};$ $в)\int \cos 13x\cdot\cos 5x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^1 12(1+x)^5dx;$ б) $\int_0^{\frac{\pi}{3}}(3x+4)\sin x dx;$ в) $\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos^3 x dx.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_e^{\infty}\frac{dx}{x\sqrt{\ln x}};$ б) $\int_0^4\frac{dx}{\sqrt{16-x^2}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2+4x,\quad y=2x+3;$

б) $\rho=3(1+\cos\varphi),\quad \rho=3$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{25}+\frac{y^2}{16}=1;\quad y=2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а) y = \ln(3\cos x)$ $\quad 0 \le x \le \frac{\pi}{4};$

$б) \begin{cases} x = 6(t - \sin t) \\ y = 6(1 - \cos t) \end{cases}$ $\quad \pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 24**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int \frac{x^3 - 2\sqrt[3]{x} + 3}{x} dx;$ $\qquad$ б) $\int \frac{1 + x\sqrt{9 - x^2}}{\sqrt{9 - x^2}} dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int 3\sin \frac{2}{5} x dx;$ $\qquad$ $б) \int \frac{dx}{\sqrt{x+7}};$ $\qquad$ $в) \int \frac{\cos(\ln x)}{x} dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{dx}{\sqrt{x} + 4\sqrt[3]{x}};$ $\qquad$ $б) \int \frac{x dx}{(3-x)^9}$ $\qquad [3 - x = t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int (x+10)\ln 10 x dx;$ $\qquad$ $б) \int (1+x)^2 \cdot e^x dx;$ $\qquad$ $в) \int \sin \ln 7x \, dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а) \int \frac{2x - 3}{x^2 + 4x + 29} dx;$ $\qquad$ $б) \int \frac{x^5 + 5x^3 + x^2 + 4x + 3}{x^4 + 7x^2 + 12} dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а) \int \sin^2 \frac{2x}{3} \cdot \cos^2 \frac{2x}{3} dx;$ $\quad$ $б) \int \frac{\sin^3 x dx}{\cos x \cdot \sqrt[3]{\cos x}};$ $\qquad$ $в) \int \cos 9x \cdot \sin 4x \, dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{\pi} \frac{dx}{\cos^2 \frac{x}{4}};$ $\quad$ б) $\int_{-\frac{\pi}{4}}^{0} (4x - 3)\cos x dx;$ $\quad$ в) $\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin^3 x dx.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_1^{\infty} \frac{arctg^3 x}{1 + x^2} dx;$ $\qquad$ б) $\int_2^3 \frac{dx}{\sqrt[3]{(3-x)^4}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = -x^2 + 4, \quad y = 2x + 1;$

б) $\rho = \cos\varphi, \quad \rho = \sqrt{3}\sin\varphi.$

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$\frac{x^2}{16}+y^2=1;\quad x=2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y=3+2\ln(x^2-4)\qquad 3\le x\le 5;$$

$$б)\begin{cases}x=3\cos^3 t\\ y=3\sin^3 t\end{cases}\qquad \frac{3\pi}{2}\le t\le 2\pi.$$

**ВАРИАНТ 25**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int\frac{\left(2\sqrt{x}+1\right)^2}{\sqrt{x}}dx;\qquad б)\int\frac{(x^2+1)}{x}dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int\frac{4dx}{\cos^2\frac{x}{12}};\qquad б)\int e^{-3x^2}xdx;\qquad в)\int e^{-4x+5}dx.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int\frac{dx}{\sqrt{x^3}-9\sqrt{x}};\qquad б)\int\frac{dx}{x\sqrt{x^2-49}}\qquad \left[x=\frac{7}{t}\right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int\lg(10x+0{,}5)\,dx;\qquad б)\int x\cdot\cos\frac{2x}{\pi}dx;\qquad в)\int 2\sin\ln x\cdot\cos\ln x\,dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int\frac{4x-7}{x^2-2x+26}dx;\qquad б)\int\frac{x^5+6x^3-x^2+5x-4}{x^4+5x^2+4}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int\cos^2\frac{3x}{4}dx;\qquad б)\int\frac{\cos^3 xdx}{\sqrt[4]{\sin^3 x}};\qquad в)\int\sin 13x\cdot\sin 8x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\pi}3\sin 6xdx;$ б) $\int\limits_0^1\frac{xdx}{e^{2x}}$; в) $\int\limits_5^6\frac{dx}{(x^2-8x+16)^2}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_4^{\infty} \frac{xdx}{\sqrt{x^2+9}}$; б) $\int_4^5 \frac{dx}{x^2-6x+5}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -x + 4;$

б) $\rho = 2\cos\varphi, \quad \rho = \frac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y^2 = 7x; \quad x = 7$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а)* $y = \sqrt{36 - x^2}$
$-3 \le x \le 3;$

*б)* $\begin{cases} x = 4\sin t - 3\cos t \\ y = 3\sin t + 4\cos t \end{cases}$
$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

**ВАРИАНТ 26**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int \frac{3}{x^3}\left(\frac{x^2}{3} + x^3 + 1\right)dx;$ б) $\int \left(e^x + 4e^{2x}\right)e^{-x}\,dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int \frac{dx}{\sin^2 \frac{4x}{5}};$ *б)* $\int e^{2x^3} x^2 dx;$ *в)* $\int \cos(3x+8)dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а)* $\int \frac{dx}{x - 7\sqrt{x}};$ *б)* $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x - 3} \quad \left[e^x = t\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

*а)* $\int (x+9)\cdot \sin\frac{x}{9}dx;$ *б)* $\int \left(1+x^2\right)^2 \cdot \ln x\,dx;$ *в)* $\int 2e^x \cdot \sin x \cos x dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int\frac{4x+5}{x^2+2x+26}dx;\qquad б)\int\frac{x^5+6x^3+7x}{x^4+4x^2+3}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int\sin^2\frac{3x}{4}dx;\qquad б)\int\frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[4]{\cos^3 x}};\qquad в)\int\sin 12x\cdot\sin 8x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int\limits_0^{e-1}\frac{5dx}{x+1}$; б) $\int\limits_{-0,25}^{0}xe^{4x+1}dx$ ; в) $\int\limits_{-5}^{3}x\cdot\sqrt[3]{x+5}\,dx$ .

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int\limits_4^{\infty}\frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+4}}$; б) $\int\limits_{-2}^{0}\frac{dx}{(x+2)^2}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+1,\quad y=-3x-3;$

б) $\rho=3(1-\cos\varphi),\quad \rho=3$ (левая фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y^2=6x;\quad x=-6$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\,y=\ln(5\sin x)\qquad \frac{\pi}{4}\le x\le\frac{\pi}{2};$$

$$б)\begin{cases}x=4(\cos t+t\sin t)\\ y=4(\sin t-t\cos t)\end{cases}\qquad \frac{3\pi}{2}\le t\le 2\pi.$$

**ВАРИАНТ 27**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int\frac{3x^2+1}{x\sqrt{x}}dx;\qquad б)\int 3x^2\cdot\left(\frac{1}{x^3\sin x}+\frac{1}{3x^2}\right)dx.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int\frac{6dx}{9+16x^2};\qquad б)\int\frac{\cos(tgx)dx}{\cos^2 x};\qquad в)\int\sin\left(\frac{x}{10}+10\right)dx.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а*) $\int \frac{x\,dx}{\sqrt{7x+5}}$; *б*) $\int x(2x-5)^5\,dx$ $\left[2x-5=t\right]$.

4. Проинтегрировать по частям:

*а*) $\int\left(9-\frac{7}{2}x\right)\cdot\sin 2x dx$; *б*) $\int \arccos 2x\,dx$; *в*) $\int \frac{e^x\cdot\sin x}{\mathrm{tg}x}dx$.

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а*) $\int \frac{5x-1}{x^2-6x+25}dx$; *б*) $\int \frac{x^5+2x^3+2x^2+x+4}{x^4+3x^2+2}dx$.

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а*) $\int \sin^2\frac{3x}{4}\cdot\cos^2\frac{3x}{4}dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \sin 5x\cdot\cos 8x\,dx$.

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_5^6 \sqrt[3]{x-5}\,dx$; б) $\int_{\frac{1}{9}}^{\frac{e}{9}} \ln 9x dx$; в) $\int_0^{\ln 5} \frac{dx}{e^x+4}$.

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_1^\infty \frac{\ln^3 x dx}{x}$; б) $\int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[6]{5-x}}$.

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=x^2-2x,\quad y=-5x+4;$

б) $\rho=4\sin\varphi,\quad \rho=\frac{2}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y=x^2+9;\quad y=18$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

*а*) $y=\frac{4}{3}(x-1)^{\frac{3}{2}}$ $1\le x\le 2;$

*б*) $\begin{cases} x=(t^2-2)\sin t+2t\cos t \\ y=(2-t^2)\cos t+2t\sin t \end{cases}$ $\frac{3\pi}{2}\le t\le 2\pi.$

**ВАРИАНТ 28**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

*а)* $\int (3x^2-1)\cdot x\sqrt{x}\,dx;$ б) $\int \frac{x^2+3}{x^4-9}dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

*а)* $\int \frac{7dx}{\sqrt{64-25x^2}};$ *б)* $\int \frac{dx}{7x-5};$ *в)* $\int \frac{e^{\mathrm{ctgx}}dx}{\sin^2 x}.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

*а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+25}};$ *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+64}}$ $\left[x=\frac{8}{t}\right].$

4. Проинтегрировать по частям:

*а)* $\int x\cdot\sin\left(9-\frac{7x}{2}dx\right);$ *б)* $\int \frac{\ln(x+1)}{(x+1)^2}dx;$ *в)* $\int \cos\ln x\,dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

*а)* $\int \frac{5x-3}{x^2+6x+25}dx;$ *б)* $\int \frac{x^5+3x^3+x^2+2}{x^4+5x^2+6}dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

*а)* $\int \cos^2\frac{3x}{5}dx;$ *б)* $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}};$ *в)* $\int \sin 14x\cdot\sin 9x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_{10}^{\frac{1}{2}} e^{1-0,1x}dx;$ б) $\int_{-1}^{0} \mathrm{arctg}x dx;$ в) $\int_{0}^{2} \frac{xdx}{\sqrt{4x+1}}.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{2}^{\infty} \frac{xdx}{(x^2-1)^2};$ б) $\int_{0}^{5} \frac{dx}{\sqrt{25-x^2}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y=-x^2+9,\quad y=3x+5;$

б) $\rho=3(1+\cos\varphi),\quad \rho=3$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y=x^2-18;\quad y=-9$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$а) y = \frac{1}{2}\left(e^{x} + e^{-x}\right)$ $0 \le x \le 2;$ $б) \begin{cases} x = 5\cos t - \cos 5t \\ y = 5\sin t - \sin 5t \end{cases}$ $0 \le t \le \frac{\pi}{2}.$

**ВАРИАНТ 29**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$а) \int \frac{2x\sqrt{x} + 3x + 12}{x}\,dx;$ $б) \int \frac{3x^2}{\cos x}\left(\frac{2\cos x}{x^3} - \frac{\cos^2 x}{x^2}\right)dx.$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$а) \int \sin\frac{3x}{7}\,dx;$ $б) \int \frac{dx}{\sqrt[3]{x-7}};$ $в) \int \frac{\sqrt[3]{\operatorname{arctg} x}}{1+x^2}\,dx.$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$а) \int \frac{dx}{\sqrt{x} + 6\sqrt[3]{x}};$ $б) \int \frac{x\,dx}{(3x+1)^7}$ $[3x+1=t].$

4. Проинтегрировать по частям:

$а) \int (x+7)\cdot\cos(x+7)\,dx;$ $б) \int x\cdot\ln x^7\,dx;$ $в) \int e^x\cdot(1+\cos 3x)\,dx.$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$а) \int \frac{4x-3}{x^2-8x+17}\,dx;$ $б) \int \frac{x^5+8x^3-x^2+12x-4}{x^4+6x^2+8}\,dx.$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$а) \int \sin^2\frac{3x}{5}\,dx;$ $б) \int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[6]{\sin^5 x}};$ $в) \int \cos 15x\cdot\cos 11x\,dx.$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^6 \left(\frac{x}{6}+1\right)^3 dx;$ б) $\int_{-\frac{1}{6}}^0 x\cdot e^{6x+1}dx;$ в) $\int_0^3 x\cdot\sqrt{4-x}\,dx.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_{-\infty}^0 \frac{dx}{x^2+9};$ б) $\int_{-3}^0 \frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+2}}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -2x + 8;$

б) $\rho = 3(1-\sin\varphi), \quad \rho = 3$ (нижняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$y = \sin x,\ y = 1,\ y = 0,\ x = 2$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y = \ln(2\cos x) \qquad \frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4}; \qquad б)\begin{cases} x = \dfrac{t^3}{3} + 2 \\ y = \dfrac{3}{2}t^2 + 7 \end{cases} \quad 0 \le t \le 4.$$

**ВАРИАНТ 30**

1. Найти неопределенные интегралы методом непосредственного интегрирования:

$$а)\int \frac{(3x+4)(x-1)}{\sqrt{x}}dx; \qquad б)\int \frac{2dx}{1+\cos 2x}.$$

2. Подведением под знак дифференциала найти интегралы:

$$а)\int e^{-\frac{2x}{5}}dx; \qquad б)\int \sqrt{4x-5}dx; \qquad в)\int \frac{dx}{\arcsin^3 x \cdot \sqrt{1-x^2}}.$$

3. Найти интегралы с помощью замены переменной:

$$а)\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+49\sqrt{x}}; \qquad б)\int \frac{dx}{x\sqrt{81-x^2}} \qquad \left[x = \frac{9}{t}\right].$$

4. Проинтегрировать по частям:

$$а)\int \left(x^2 - 2x - 3\right)\cdot \ln x dx; \qquad б)\int \frac{x\cdot \sin^3 x}{1-\cos^2 x}dx; \qquad в)\int \frac{\sin 2x}{e^{2x}}dx.$$

5. Проинтегрировать рациональные дроби:

$$а)\int \frac{2x+7}{x^2+8x+17}dx; \qquad б)\int \frac{x^5+9x^3-x^2+18x-4}{x^4+7x^2+12}dx.$$

6. Найти интегралы от тригонометрических функций:

$$а)\int \sin^2\frac{3x}{5}\cdot\cos^2\frac{3x}{5}dx; \qquad б)\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[6]{\cos^5 x}}; \qquad в)\int \sin 9x\cdot\cos 3x\,dx.$$

7. Вычислить определенные интегралы:

а) $\int_0^{0{,}1\pi} 10\cos 5x dx;$ б) $\int_0^1 (4 - x)\cdot e^x dx;$ в) $\int_0^3 \frac{dx}{1+\sqrt{4-x}}.$

8. Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость:

а) $\int_0^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{5x+9}};$ б) $\int_1^e \frac{dx}{x\ln x}.$

9. Вычислить площади фигур, ограниченных линиями:

а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 2x + 1;$

б) $\rho = 1 + \sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{4\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

10. Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями:

$$y = \cos x,\ y = 1,\ y = 0,\ x = 2$$

а) вокруг оси $Ox$; б) вокруг оси $Oy$.

11. Найти длины дуг плоских кривых:

$$а)\ y = 1 - \ln(x^2 - 1) \qquad 3 \le x \le 4;$$

$$б)\begin{cases} x = \dfrac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} + 3 \\ y = \dfrac{t^3}{3} - 2 \end{cases} \qquad 0 \le t \le 2.$$

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3 ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ ИСЧИСЛЕНИЮ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

### Организация выполнения контрольной работы №3

Выполнение контрольной работы в виде решения ряда задач по дифференциальному исчислению функций нескольких переменных практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умений и навыков в соответствии с компетенциями образовательной программы.

Выполнение контрольной работы призвано стимулировать самостоятельную работу студентов по изучению основ математики; оно направлено на формирование знаний основных категорий дифференциального исчисления функций нескольких переменных, развитие навыков логического мышления, обобщения и умения делать верные выводы.

Каждый студент получает от преподавателя дисциплины свой вариант контрольной работы. Каждый вариант контрольной работы включает 7 задач.

При этом предлагаются образцы задач с подробными объяснениями и решениями по всем изучаемым темам данного раздела, подобные представленным в контрольной работе.

### Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном виде. Контрольная работа выполняется либо в ученической тетради, либо на листах формата А4 (сшитых) в той последовательности, которая определена вариантом. Вначале переписывается содержание каждой задачи, затем приводится ее подробное решение и дается ответ.

В случае выполнения контрольной работы на отдельных листах все страницы работы должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится. Титульный лист работы оформляется студентом по образцу, данному в приложении.

В конце работы должен быть представлен список использованной литературы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №3

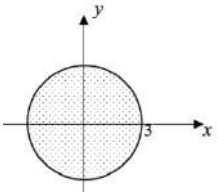
В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

*Задача 1*

Найти и построить область определения функции $z = \sqrt{9 - x^2 - y^2}$ .

*Решение*

Область определения данной функции представляет собой множество точек, удовлетворяющих неравенству $\sqrt{9 - x^2 - y^2} \geq 0$. Построив границу этой области и проверив любую точку, не лежащую на границе, находим, что искомая область определения есть внутренняя часть круга с центром в начале координат и радиусом 3, включая и границу круга:




*Задача 2*

Найти все частные производные второго порядка от функции $z = \sin(xy)$.

*Решение.* Имеем:

$$z'_x = y \cdot \cos(xy), \quad z'_y = x \cdot \cos(xy),$$
$$z''_{xx} = (y \cdot \cos(xy))'_x = -y^2 \sin(xy),$$
$$z''_{xy} = (y \cdot \cos(xy))'_y = \cos(xy) - xy \sin(xy),$$
$$z''_{yx} = (x \cdot \cos(xy))'_x = \cos(xy) - xy \sin(xy),$$
$$z''_{yy} = (x \cdot \cos(xy))'_y = -x^2 \sin(xy).$$

*Задача 3*

Исследовать функцию на экстремум:

$$z = x^3 + y^3 - 3xy + 4.$$

*Решение*

Найдем частные производные первого и второго порядка:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 3x^2 - 3y, \frac{\partial z}{\partial y} = 3y^2 - 3x,$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 6x, \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = -3, \quad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 6y.$$

Для определения критических точек функции составляем систему уравнений

$$\begin{cases} 3x^2 - 3y = 0, \\ 3y^2 - 3x = 0. \end{cases}$$

Решая эту систему, получаем точки $M_1(0,0)$ и $M_2(1,1)$.

Для точки $M_1$ имеем $AC - B^2 = -9 < 0$. Значит, в точке $M_1$ экстремума нет.

Для точки $M_2$ имеем $AC - B^2 = 27 > 0$, а $A = 6 > 0$. Значит, в точке $M_2$

функция имеет минимум $z_{min} = z(1,1) = 3.$

*Задача 4*

Найти полный дифференциал функции $z = y^{2x}$ и вычислить его значение при $x = y = 1,\ \Delta x = -0{,}2,\ \Delta y = 0{,}1.$

*Решение*

Найдем частные производные: $z'_x = 2y^{2x} \ln y;\ z'_y = 2y^{2x-1}$, тогда

$$dz = 2y^{2x} \ln y dx + 2y^{2x-1} dy = 2 \cdot 1^2 \cdot \ln 1 \cdot (-0{,}2) + 2 \cdot 1^{2-1} \cdot 0{,}1 = 0 + 0{,}2 = 0{,}2.$$

*Задача 5*

Найти $\frac{dz}{dt}$, если $z = e^{2x+5y}$, где $x = \sin t,\ \ y = t^3.$

*Решение*

Имеем:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 2e^{2x+5y}, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 5e^{2x+5y}, \quad \frac{dx}{dt} = \cos t, \quad \frac{dy}{dt} = 3t^2.$$

Тогда

$$\frac{dz}{dx} = 2e^{2x+5y} \cdot \cos t + 5e^{2x+5y}\ 3t^2 = (2\cos t + 15\, t^2) \cdot e^{2\sin t + 5t^3}\ .$$

*Задача 6*

Найти частные производные $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$, если $z$ определяется как функция от $x$ и $y$ из уравнения $z^3 - 4xy^2 - 2z^2 + 1 = 0.$

*Решение*

Обозначим левую часть данного уравнения через $F(x, y, z)$. Тогда

$$F'_x(x,y,z) = -4y^2;\ \ F'_y(x,y,z) = -8xy;\ \ F'_z(x,y,z) = 3z^2 - 4z.$$

Получаем:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{F'_x(x,y,z)}{F'_z(x,y,z)} = \frac{4y^2}{3z^2 - 4z};\quad \frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{F'_y(x,y,z)}{F'_z(x,y,z)} = \frac{8xy}{3z^2 - 4z}.$$

*Задача 7*

Составить уравнение нормали и касательной плоскости к поверхности $z = e^{x \cos y}$ в точке $M_0(1, \pi, 1/e).$

*Решение*

Найдем частные производные функции $f(x,y) = e^{x \cos y}$ и их значения в точке $(1,\pi)$:

$$f'_x = e^{x \cos y} \cdot \cos y,\ f'_x(1,\pi) = e^{1 \cos \pi} \cdot \cos \pi = -e^{-1},$$
$$f'_y = -e^{x \cos y} \cdot x\ \sin y,\ f'_y(1,\pi) = -e^{1 \cos \pi} \cdot 1 \cdot \sin \pi = 0.$$

Уравнение касательной плоскости имеет вид:

$$z - e^{-1} = -e^{-1} \cdot (x - 1) + 0 \cdot (y - \pi),$$

или

$$x + ez - 2 = 0.$$

Уравнение нормали имеет вид:

$$\frac{x-1}{-e^{-1}} = \frac{y-\pi}{0} = \frac{z-e^{-1}}{-1}.$$

*Задача 8*

Найти производную функции $z = x^2 - xy + 2y^2 + 1$ в точке $M(1, 1)$ по направлению вектора $\vec{a} = 6\vec{i} + 8\vec{j}$.

*Решение*

Найдем единичный вектор, соответствующий вектору направления:

$$\overrightarrow{l^0} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} = \frac{6\vec{i} + 8\vec{j}}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 0{,}6\vec{i} + 0{,}8\vec{j}$$

Отсюда получаем, что $\cos\alpha = 0{,}6$ и $\cos\beta = 0{,}8$.

Найдем значения частных производных функции $z = x^2 - xy + 2y^2 + 1$ в точке $M(1, 1)$:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 2x - y,\ \frac{\partial z}{\partial y} = 4y - x;\ \frac{\partial z}{\partial x}(1,1) = 1,\ \frac{\partial z}{\partial y}(1,1) = 3.$$

Подставляя найденные значения в формулу для вычисления производной по направлению, получаем:

$$\frac{\partial z}{\partial l} = \frac{\partial z}{\partial x}\cos\alpha + \frac{\partial z}{\partial y}\cos\beta = 1 \cdot 0{,}6 + 3 \cdot 0{,}8 = 3.$$

*Задача 9*

Найти направление наиболее быстрого возрастания функции $z = 3x^2 - y^2 - 2$ в точке $M(-1, 2)$. Какова скорость изменения функции в этом направлении?

*Решение*

Направление наиболее быстрого возрастания функции указывает вектор

$$grad\, z = \frac{\partial z}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial z}{\partial y}\vec{j} = 6x\vec{i} - 2y\vec{j} = -6\vec{i} - 4\vec{j}$$

Скорость изменения функции в направлении градиента (наибольшая скорость возрастания функции) равна модулю градиента этой функции:

$$\max\frac{\partial z}{\partial l} = |grad\, z| = \sqrt{(-6)^2 + (-4)^2} = \sqrt{52}.$$

**Комплект вариантов контрольной работы №3**

**Вариант 1.**

1) Найти и построить область определения функции $z = 2 \cdot \sqrt{36 - 4x^2 - 9y^2}$.

2) Для функции $u = \frac{x \cdot y^2}{z} - y \cdot e^{2x-z}$ найти $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z}$, $\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z}$ в точке $M(1;-1;2)$.

3) Найти экстремумы функции $z = x \cdot \sqrt{y} - x^2 + 6x - y$.

4) Найти полный дифференциал функции $v(t,z) = \ln\left(arctg\frac{t}{z}\right)$ и вычислить его значение при $t = z = 1$, $\Delta t = 0{,}2$, $\Delta z = 0{,}1$.

5) Для функции $\omega = \cos(3u - 2v)$, где $u = 2^{tg(4x)}$, $v = \log_2(3\sqrt{x} + 2)$ найти $\frac{d\omega}{dx}$ в точке $x = 0$.

6) Найти производную $\frac{\partial z}{\partial y}$ неявной функции $z(x, y)$, заданной уравнением

$\arcsin(zy) + ctg\left(\frac{\pi x}{4y}\right) = \frac{\pi}{6} + \frac{1}{z} - x$ при $x = 1$, $y = 1$, $z = 0{,}5$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^3 + y^3 + z^3 - xyz - 6 = 0$ в точке $M(1;2;-1)$.

**Вариант 2.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \sqrt{x^2 + y^2 - 4} + 3\ln(2x - y^2)$.

2) Для функции $u = \sin^2(2x + 3y)$ вычислить $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}$ в точке $M\left(\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{6}\right)$.

3) Найти экстремум функции $z = x^2 + 2y^2 - 2xy + 3x - y + 5$.

4) Для функции $z = (2x + 1)^{3y-2}$ составить формулу полного дифференциала.

5) Найти производную $\frac{dy}{dx}$ неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $y^2 - 4xy = 0$ и вычислить ее значение при $x = 1$, $y = 4$.

6) Найти градиент функции $u = \frac{x \cdot y^2}{z} + \frac{z \cdot y}{\sqrt[3]{x}}$ в точке $M(1;2;-1)$.

7) Для функции $u = \ln(2x - y^2)$, где $x = 3e^t$, $y = arctg\left(\frac{t}{2}\right)$ найти $\frac{du}{dt}$ и вычислить ее значение в точке $t = 0$.

**Вариант 3.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \sin\left(\frac{1}{x} + \frac{5}{y}\right)$.

2) Для функции $u = ctg(\sqrt{x^3} + y)$ найти формулу полного дифференциала.

3) Найти экстремумы функции $z = xy - x^2y - xy^2$.

4) Найти производную $\frac{dy}{dx}$ неявной функции $y(x)$, заданной уравнением

$arctg\frac{x + 2y}{3} = 2x + \frac{y}{5}$ и вычислить ее значение при $x = 0$, $y(0) = 0$.

5) Найти полную производную $\frac{du}{dx}$, если $u = x^y$, где $y = \ln(2x)$.

6) Найти производную функции $\omega = x^2y + 2y^2z + 3z^2x$ в точке $M(1;1;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = \vec{MN}$, где $N(-1;4;-5)$.

7) Найти градиент функции $v = e^{xz^3 - y^2}$ в точке $M(1;2;-1)$ и его величину.

**Вариант 4.**

1) Найти область определения функции $f(x,y)=\dfrac{2x-3y}{3x-y}$. Вычислить $f(1,3)$, $f(a,-a)$, $f(-a,a)$, $a\neq 0$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3-x^2y-xy^2$.

3) Для функции $z=arctg\dfrac{y}{x-1}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=0$, $y=1$, $\Delta x=\Delta y=0{,}1$.

4) Найти производную $\dfrac{du}{dt}$ сложной функции $u=\sin(2x+y^2)$, где $x=\ln(2\sqrt{t}+1)$ $y=ctg\dfrac{1}{t}$.

5) Найти $\dfrac{dy}{dx}$ производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $2x^2+y^2-4x+6y-1=0$ и вычислить ее значение при $x=0$, $y<-2$.

6) Найти градиент функции $u=z^2e^{x-2y}+\cos\dfrac{\pi y}{xz^2}$ в точке $M(2;1;-1)$.

7) Вектор $\vec{l}$ составляет с осью OX угол $\alpha=30^0$, с осью OУ $0\le\beta\le 90^0$. Найти производную функции $z=x^3-3\sqrt[3]{y^2}+4\sqrt[4]{xy^3}$ в точке $M(1;1)$ по направлению $\vec{l}$.

**Вариант 5.**

1) Найти и построить область определения функции $f(x,y)=\dfrac{x^2+y^2}{\sqrt{x^2-y^2}}$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3+y^2-6xy-39x+18y+20$.

3) Для функции $u=e^{x^2-y^2}\cdot\sin\dfrac{\pi}{2y}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=y=1$, $\Delta x=0{,}01$, $\Delta y=-0{,}01$.

4) Найти частные производные $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ сложной функции $z=arctg(uv)$, где $u=\cos(2x-y)$, $v=tg\dfrac{\sqrt{x}}{y}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к окружности $x^2+y^2-2x+4y-20=0$, где $x=4$, $y<0$. Сделать чертеж.

6) В точке $M(4;3;-12)$ вычислить модуль градиента функции $u=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$

7) Найти производную функции $z=x^3-3x^2y+3xy^2+1$ в точке $M_1(3;1)$ по направлению вектора $\vec{l}=\vec{M_1M_2}$, где $M_2(6;5)$.

**Вариант 6.**

1) Найти и построить область определения функции $f(x,y)=\frac{1}{\sqrt{xy}}$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^2+2y^2+2xy-2x+4y+15$.

3) Для функции $u=e^{xy}\cdot\sin\left(\frac{\pi x}{y}\right)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=y=1$, $\Delta x=0{,}01$, $\Delta y=-0{,}01$.

4) Найти производную $\frac{\partial v}{\partial x}$ сложной функции $v=ctg\left(\frac{y^2}{z}\right)$, где $y=\ln(5x+4u)$, $v=arctg(\sqrt{x\cdot u})$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $3x^2+2y^2-6x-12y+16=0$ в точке, где $x=2$, $y<3$. Сделать чертеж.

6) Найти градиент функции $u=\arccos\frac{z}{x+y}-\sqrt[3]{\frac{y}{x^2z}}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Найти производную функции $z=\frac{\sqrt{x}}{y}-\frac{y}{\sqrt{z}}-xyz^3$ в точке $M_1(1;-2;1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;4;-2)$.

**Вариант 7.**

1) Найти и построить область определения функции $z=\sqrt{9-x^2-4y^2}$.

2) Найти экстремумы функции $z=2x^3+2y^3-36xy+430$.

3) Для функции $u=arctg\frac{x}{y}$ вычислить частные производные второго порядка и их значения в точке $M(1;-1)$.

4) Найти производную $\frac{dz}{dt}$ сложной функции, где $z=t-\sin t$, $y=1-\cos t$

5) Найти частные производные неявной функции $z=f(x,y)$, заданной уравнением $z\cdot\ln(2y-x)+2^{x+2z}-\frac{8y}{\sqrt[3]{z}}=0$ в точке $M(1;1;1)$.

6) В точке $M(4;3;-12)$ вычислить модуль градиента функции $u=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$

7) Найти производную функции $u=xy^{\ln z}$ в точке $M_1(1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;-1;1)$.

**Вариант 8.**

1) Найти и построить область определения функции $w=\arcsin(|y|-x)$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3+y^3-6xy$.

3) Для функции $u = e^x \cos(2y)$ вычислить частные производные второго порядка и их значения при $x = 1,\ y = 0$.

4) Для функции $z = x^3 \ln y$, где $x = \frac{u}{v},\ y = 3u + 2v$ найти $\frac{\partial z}{\partial u}$ и $\frac{\partial z}{\partial v}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $2x^2 + y^2 - 4x + 6y - 1 = 0$ в точке, где $y = -5,\ x > 0$.

6) Найти градиент функции $u = \arcsin\frac{z}{x+y} - \sqrt[3]{\frac{y}{x^2 z}}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^2(2 - z^2) - y^2 = 0$ в точке $M_0(1;-1;1)$.

**Вариант 9.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \arccos(|x| + y)$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^3 + 2y^2 - 3x + 4y$.

3) Для функции $u = 2^{\arcsin\frac{x}{z}}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 0,\ z = 1,\ \Delta x = \Delta z = 0{,}01$.

4) Найти производную $\frac{dz}{dt}$ сложной функции $z = tg(2x^2 - y)$, где $x = \ln(2t),\ y = \sqrt{t}$

5) Найти частные производные $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;1)$ $z = f(x, y)$ - неявной функции, заданной уравнением $x\ln(2z - y) + arctg\frac{z}{y} = \frac{\pi}{2x}$.

6) Найти производную функции $u = \frac{1}{\pi} tg\frac{\pi \cdot x^2}{2y} + e^{y-2x}$ в точке $M_1(1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-1)$.

7) Найти градиент функции $u = \frac{2z}{\sqrt[3]{x}} + yz^3 - \sqrt{\frac{x}{y}}$ в точке $M_1(8;2;1)$. Составить уравнение поверхности уровня функции, проходящей через точку $M_1$.

**Вариант 10.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \arcsin(x^2 + y^2 - 2x)$

2) Найти экстремумы функции $z = x^2 - xy + y^2 - 6x + 9y + 20$.

3) Для функции $u = \sqrt{y+1} \cdot \ln(x^2 + 2y)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 1,\ y = 0,\ dx = dy = 0{,}1$.

4) Найти производную $\frac{dz}{dt}$ сложной функции $z = \lg(x + y^2)$, где $x = arctg\frac{1}{t},\ y = \sin(\pi \cdot t)$.

5) Уравнение $2x^2 + y^2 - 4x + 6y - 1 = 0$ задает неявную функцию $y(x)$. Найти производную $\frac{dy}{dx}$. Составить уравнения касательной плоскости и нормали к графику этой функции в точке, где $y = -1,\ x > 0$.

6) Найти градиент функции $u = e^{\frac{x-y}{z}} - \frac{1}{\pi} tg \frac{\pi \cdot z}{xy^2}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = \frac{xy}{\sqrt{2z}} + \frac{z}{2x^2 y} + \sqrt{\frac{2y}{z}}$ в точке $M_1(1;2;4)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;0;-2)$.

**Вариант 11.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \frac{\ln(x+1)}{1+\ln y}$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^2 - xy + y^2 + 9x - 6y + 23$.

3) Для функции $z = \sin^2(2x + 3y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения при $x = \frac{\pi}{4},\ y = \frac{\pi}{6}$.

4) Для функции $z = \frac{u}{\ln v}$, где $u = \sqrt{4x - y^2}$, $v = 4 - x^2 - y^2$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $2x^2 + 3y^2 - 12x - 6y + 16 = 0$ в точке, где $x = 4,\ y \neq 0$.

6) Найти модуль градиента функции $u = e^{\frac{2y-x}{z}} - \frac{1}{\pi} \cos \frac{\pi \cdot z}{xy^2}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = \sqrt[3]{y^2 - 4z} + arctg \frac{x - z}{y}$ в точке $M_1(1;2;-1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;-4;1)$.

**Вариант 12.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \sqrt{x - y + 1} \cdot \ln(x + y)$.

2) Найти экстремумы функции $z = \frac{y}{x} + \frac{1}{y} + x$.

3) Найти полный дифференциал функции $v(t, z) = \ln\left(arctg \frac{t}{z}\right)$ и вычислить его значение при $t = z = 1,\ dt = 0{,}01,\ \Delta z = -0{,}01$.

4) Для функции $z = u \cdot e^{\frac{u}{v}}$, где $u = x^2 + y^2$, $v = xy$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $x^2 + y^2 = 2x - 4y + 20$ в точке, где $x = 4,\ y > 0$.

6) Найти производную функции $u = x \cdot \arcsin\dfrac{z-y}{2} - \sqrt[3]{y^2-4z}$ в точке $M_1(-1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;2;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $2x^2+4y^2+9z^2=21$ в точке, где $x_0=2$, $y_0<0$, $z_0=1$.

**Вариант 13.**

1) Найти и построить область определения функции $v = \arccos(x-2y)$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^3+y^3+6xy$.

3) Для функции $u = ctg(e^{y^2-x^2})$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=1$, $y=-1$, $\Delta x = \Delta y = 0{,}1$.

4) Для функции $z = arctg(xy)$, где $y = e^{2x}$ найти $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Для функции, заданной уравнением $\dfrac{6}{\pi}\arcsin\dfrac{x+y}{4z} - \sqrt[3]{\dfrac{zx^2}{y}} = 0$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти градиент функции $u = y\cdot\ln(x+2z) + z\cdot\sqrt[3]{x^2y^3}$ в точке $M(-1;1;1)$. Найти модуль градиента.

7) Найти производную функции $u = \dfrac{x-y}{\sqrt[3]{z}} + \dfrac{x+2y}{x-z} + \sqrt[3]{\dfrac{xy^2}{2z}}$ в точке $M_1(2;1;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;-1;2)$.

**Вариант 14.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \dfrac{1}{\sqrt{x^2+y^2-4}}$.

2) Найти экстремумы функции $z = e^{-x}(x-y^2)$.

3) Вычислить приближено изменение функции $\varphi = arctg\dfrac{x+1}{y}$, если $x$ изменяется от $x_1=0$ до $x_2=0{,}2$, $y$ изменяется от $y_1=1$ до $y_2=0{,}9$

4) Для функции $z = \ln^2(u) - \ln(2v)$, где $u = tg(3x)$, $v = \sin(3x)$ найти $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к окружности $x^2+y^2-2x+4y-20=0$ в точке, где $y=-6$, $x<0$.

6) Найти градиента функции $u = \dfrac{x}{\ln(y+z)} + \sqrt[3]{2x^2z^5}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = \arcsin(x\sqrt{y})$ в точке $M_1\left(\dfrac{1}{2};1\right)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2\left(\dfrac{3}{2};\dfrac{1}{2}\right)$

**Вариант 15.**

1) Найти и построить область определения функции $z=\sqrt{x-y+2}+\ln(y-x^2)$.

2) Показать, что функция $z=x^4+y^4-2x^2-4xy-2y^2$ имеет экстремум в точке $M_0\left(\sqrt{2};\sqrt{2}\right)$. Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u=y\cdot e^{2(1-x)}+\cos\dfrac{\pi\cdot x}{2y^2}$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z=arctg\dfrac{y}{x}$, где $y=\ln(2x+1)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Уравнение $\dfrac{6}{\pi}\arcsin\dfrac{x+z}{4y}-\sqrt[3]{\dfrac{x^2y}{z}}=0$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти частную производную этой функции в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти производную функции $u=ye^{2y-x}+\dfrac{\sqrt{z}}{x+y}$ в точке $M_1(2;1;4)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;-2;-2)$.

7) Найти градиент функции $u=\dfrac{1}{\pi}\left(ctg\dfrac{\pi\cdot y^2}{2x}\right)^2$ в точке $M(2;1)$.

**Вариант 16.**

1) Найти и построить область определения функции $u=\dfrac{x+y}{x^2+y^2}$. Вычислить значение функции u в точке $M(1;3)$.

2) Найти экстремумы функции $z=e^{0,5x}(x+y^2)$.

3) Для функции $u=\dfrac{xy}{x^2+y^2}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=2$, $y=1$, $\Delta x=0{,}1$, $\Delta y=-0{,}2$.

4) Для сложной функции $z=x^2y-xy$, где $x=u\cos v$, $y=v\sin u$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial u}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial v}$.

5) Уравнение $\arccos\dfrac{x}{y}=\dfrac{\pi}{3}+zy-\sqrt{\dfrac{z}{x}}$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ при $x=\dfrac{1}{2}$, $y=1$, $z>0$.

6) Найти производную функции $u=\arcsin\dfrac{2y-x}{z}+\dfrac{\sqrt[3]{2x^2z}}{y^3}$ в точке $M_1(2;1;-1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;-5;1)$.

7) Найти модуль градиента функции $u=\dfrac{2x-y}{3y+2z}$ в точке $M(-1;1;-1)$.

**Вариант 17.**

1) Найти и построить область определения функции $u=\arccos\left(\dfrac{1}{x^2+y^2}\right)$.

2) Показать, что функция $z=3x+6y-x^2-xy-y^2$ имеет экстремум в точке $M_0\left(\sqrt{2};\sqrt{2}\right)$. Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u=z\cdot e^{y-2x}+\dfrac{1}{z^2}\cos\dfrac{\pi\cdot x}{y}$ найти $\dfrac{\partial u}{\partial y}$ и $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial z}$. Вычислить их значения в точке $M(1;2;1)$.

4) Для функции $z=2u+\sqrt{v}$, где $u=\arcsin(xy)$, $v=\ln(x^2+2y)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $x\ln(2y-z)+arctg\dfrac{y}{z}=\dfrac{\pi}{2x}$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;1)$.

6) Найти модуль градиента функции $u=\dfrac{1}{\pi}tg\left(\dfrac{\pi\cdot x}{y\cdot z}\right)-\dfrac{z-x}{y-x}+x\cdot\sqrt[3]{\dfrac{y}{z}}$ в точке $M(1;2;2)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к параболоиду $z=2x^2+4y^2$ в точке, где $y=1$, $z=12$, $x<0$.

**Вариант 18.**

1) Найти и построить область определения функции $z=\arcsin(|x|-|y|)$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3+3y^2-3xy+1{,}75$.

3) Для функции $u=\ln(x^2+3y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения при $x=2$, $y=0$.

4) Для функции $u=\dfrac{x^2-y}{x^2+y}$, где $y=arctg\dfrac{1}{x}$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) В точке $M(2;1)$ найти угловой коэффициент касательной к кривой $x^2-y^2+y=2^{y-2}-2^x$

6) Найти градиент функции $u=\dfrac{1}{\pi}\cos\dfrac{\pi\cdot x}{yz}\cdot e^{x+y}-\sqrt[3]{\dfrac{zy^2}{2x}}$ в точке $M(-1;1;2)$.

7) Найти производную функции $u=\dfrac{x}{y}\arcsin\dfrac{y}{x}$ в точке $M_1(-2;1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(2;4)$.

**Вариант 19.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \dfrac{\ln(x^2 - 2y)}{\sqrt{9 - x^2 - y^2}}$.

2) Найти экстремумы функции $z = 3x^2 + y^3 - 3xy$.

3) Для функции $u = \dfrac{ctg\left(2y + \dfrac{\pi}{4}\right)}{x - 1}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 3$, $y = 0$, $\Delta x = -0{,}04$, $\Delta y = 0{,}01$.

4) Для функции $z = \ln(y^2 - 2x^2)$, где $y = e^{x+1}$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Уравнение $\arcsin\dfrac{x}{y} = \dfrac{\pi}{6} + zy - \sqrt{\dfrac{z}{x}}$ задает неявную функцию $z = f(x, y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M_0\left(\dfrac{1}{2};1; z_0\right)$, $z_0 > 0$.

6) Найти производную функции $u = \dfrac{x^2}{yz} - \sqrt{\dfrac{y}{2x}} + xyz^3$ в точке $M_1(1;2;-1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;-4;1)$.

7) Найти градиент функции $z = x^y + y^x$ в точке $M(2;1)$.

**Вариант 20.**

1) Найти и построить область определения функции $t = \log_2(\sqrt{x} - \sqrt{y})$.

2) Показать, что функция $z = x^2 - xy + y^2 + \dfrac{1}{x} + \dfrac{1}{y}$ имеет экстремум в точке $M_0(1;1)$ Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u = y \cdot e^{2(1-x)} + \cos\dfrac{\pi \cdot x}{2y^2}$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Катеты $a = 12$ (см), $b = 5$ (см) измерены с точностью $\Delta a = \Delta b = 0{,}1$ (см). Найдите гипотенузу треугольника и относительную погрешность значения гипотенузы $\left(\delta c = \dfrac{\Delta c}{c} \cdot 100\%\right)$.

4) Для функции $u = x^2 + 2y^2 + \ln(1 + y)$, где $y = \sin(3x)$ найти $\dfrac{du}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $2x^2 + y^2 - 4x + 6y - 1 = 0$ в точке, где $y = -1$, $x < 0$.

6) Найти градиент функции $z = arctg\sqrt{\dfrac{x^2 - y^2}{x^2 + y^2}}$ в точке $M_0(\sqrt{2};1)$.

7) Найти производную функции $u = xe^{2y+z} + z \cdot \sqrt[3]{\dfrac{x}{y^2}}$ в точке $M_1(-1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(4;3;14)$.

**Вариант 21.**

1) Найти и построить область определения функции $z = \arcsin\frac{1}{x} + \arccos\frac{1}{y}$.

2) Найти экстремумы функции $z = 3x^2 + y^3 - 6xy$.

3) Для функции $u = (x^2 + 2)\cdot \arcsin\frac{1}{y}$ найти частные производные второго порядка.

4) Найти производную $\frac{du}{dt}$ сложной функции $u = e^{x-3y}$, где $x = \sin(\pi \cdot t)$, $y = \sqrt[3]{t}$ и ее значение при $t = 1$.

5) Уравнение $x\ln(2y + z) + arctg\frac{z}{y} + \frac{\pi}{2x} = 0$ задает неявную функцию $z = f(x, y)$ Найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;-1)$.

6) Составить уравнения касательных плоскостей к эллипсоиду $x^2 + 2y^2 + 3z^2 = 21$ в точках пересечения эллипсоида и прямой $\frac{x}{1} = \frac{y}{2} = \frac{z}{2}$.

7) Найти производную функции $z = x^2 - y^2$ в точке $M(1;1)$ в направлении вектора $l_0$, составляющего с осью ОУ угол $\beta = 60^0$.

**Вариант 22.**

1) Найти и построить область определения функции $v = \arccos(x^2 + y^2 - 2y)$. Вычислить $z$ при $x = 0$, $y = 1$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^2 - 2x\sqrt{y} + y - 4x$.

3) Для функции $u = \frac{5x + 3y}{9x - 2y}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 1$, $y = 2$, $\Delta x = -0{,}1$, $\Delta y = 0{,}3$.

4) Для функции $w = tg\frac{4u}{v^2}$, где $u = \arcsin(t - 2z)$, $v = \ln(t^2 + z^2)$ найти $\frac{\partial w}{\partial z}$.

5) Уравнение $arctg\frac{x + 2y}{3z} - ye^{x-z} + \frac{1}{z} = \frac{\pi}{4}$ задает неявную функцию $z = f(x, y)$. Найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти модуль градиента функции $u = \frac{2x^2}{9} + \frac{3y^2}{z} - xyz$ в точке $M(1;-2;3)$.

7) Найти производную функции $u = \frac{z}{\sqrt[3]{x - y}} + \frac{1}{\ln 2}\cdot 2^{3y+z} - \sqrt{x(y^2 - z)}$ в точке $M_1(2;1;-3)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-5;-1)$.

**Вариант 23.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \arccos\left(\frac{x}{y}\right)$.

2) Найти экстремум функции $z = x^2 + 2y^2 - xy^2 + 1$.

3) Для функции $u = x\ln(3x + 2y)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 1$, $y = -1$, $\Delta x = \Delta y = 0{,}01$.

4) Для функции $z = u^v$, где $u = \sin(2y)$, $v = arctg\frac{x}{y}$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $x \cdot 3^{\frac{x+1}{y}} + tg\frac{\pi x}{4y} - 10 = 0$ в точке $M(1;1)$.

6) Найти производную функции $u = \sqrt{3}\arcsin\frac{x-y}{z} + y^2 \cdot \sqrt{\frac{z}{x^3}}$ в точке $M_1(1;2;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;5;-10)$.

7) Найти градиент функции $u = \frac{x}{\sqrt[3]{z(2x+y)}} + 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{y}{z}} + xyz^2$ в точке $M(1;2;-2)$.

**Вариант 24.**

1) Найти и построить область определения функции $z = x + 2y - \arccos(xy)$.

2) Найти экстремум функции $z = x^3 + y^2 - 3x + 2y$.

3) Для функции $u = e^{1-x} \cdot \ln(2y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z = (u+1)^{v+1}$, где $u = \arcsin\left(\frac{x}{y}\right)$, $v = \cos(2x + 3y)$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $x\ln(2z + y) + arctg\frac{z}{y} + \frac{\pi}{2x} = 0$ задает неявную функцию $z = f(x, y)$. Найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;-1;1)$.

6) Найти производную функции $u = \sqrt{3}\arccos\frac{x-y}{z} + \frac{4}{\pi}tg\frac{\pi y}{x^2}$ в точке $M_1(2;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-1;-4)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $\sin(3x) \cdot \cos y - z = 0$ в точке, где $x = y = \frac{\pi}{4}$.

**Вариант 25.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \sqrt{x-1} + \sqrt[4]{y+2}$. Вычислить значение функции u в точке $M(5;-1)$.

2) Найти экстремумы функции $z = e^{0,5y}(x^2 + y)$.

3) Вычислить приближено изменение функции $z = \arcsin\frac{y}{x}$, если $x$ изменяется от $x_1 = 5$ до $x_2 = 4{,}5$, $y$ изменяется от $y_1 = 3$ до $y_2 = 3{,}3$

4) Для функции $z = y^{\sqrt{x}}$, где $y = \log_2(x^2 + 2x)$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$, $\frac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к гиперболе $x^2 - 2y^2 + 4y - 4 = 0$ в точке $M(2;2)$. Сделать чертеж.

6) Найти производную функции $u = \frac{1}{\pi}\cos\frac{\pi \cdot z}{x^2 y} + \frac{x+2y}{z+y}$ в точке $M_1(1;2;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;1;-1)$.

7) Найти градиент функции $x^2 + y^2 + 4z^2 = 4$ в точке $M\left(\frac{4}{3};\frac{4}{3};\frac{1}{3}\right)$.

**Вариант 26.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \frac{2x+y}{\cos(y-x)}$.

2) Найти экстремумы функции $z = \frac{x}{y} + \frac{1}{x} + y$.

3) Для функции $u = \cos\left(\frac{\pi}{2}(2x-y)\right)$ найти частные производные $\frac{\partial^3 u}{\partial x^3}$ и $\frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial y}$. Вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z = u^{v+1}$, где $u = \arcsin(x+2y)$, $v = \ln(x + \sqrt[3]{y})$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $\frac{x-y}{z^2} + e^{2z+x} - x\sqrt{y} = 0$ задает неявную функцию $z = f(x,y)$. Найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;-1)$.

6) Найти градиент функции $u = arcctg\frac{x}{y+z} + \sqrt[3]{\frac{z^5}{2x^2 y}}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $u = \frac{1}{\ln 2}\cdot 2^{x^2 - z^2} + \frac{\sqrt{x}}{z} - \frac{2x}{\sqrt{y}} = \frac{1}{\ln 2}$ в точке $M_1(1;4;1)$

**Вариант 27.**

1) Найти и построить область определения функции $z = tg\left(y + 2x + \frac{\pi}{4}\right)$. Вычислить $z$ при $x = 0$, $y = 1$.

2) Найти экстремумы функции $z = 2y^2 - 2y\sqrt{x} + x - 4y$.

3) Для функции $z = x^2 + 2y^2 - 3xy$ найти формулы частных приращений $\Delta_x z$, $\Delta_y z$ и полного приращения. Вычислить приращения, если $x$ изменяется от $x_1 = 2$ до $x_2 = 2{,}1$, $y$ изменяется от $y_1 = 2$ до $y_2 = 1{,}9$.

4) Для функции $z = x^y$, где $y = e^{-x} \cdot \sin(2x)$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной и нормали к эллипсу $3x^2 + 2y^2 - 6x - 12y + 7 = 0$ в точке, где $x = 3$, $y > 3$.

6) Найти градиент функции $u = y\ln(x + 2z) - \sqrt{3}\arccos\frac{z}{x^2 + y^3}$ в точке $M_1(-1;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{xz^2}{y-1}} + \frac{x+z}{2y-z} - \frac{x^2 y}{4z^3}$ в точке $M_1(2;3;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(4;1;2)$.

**Вариант 28.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \arcsin\frac{y-2}{x}$.

2) Для функции $u = x^{\frac{y}{z}}$ найти $\frac{\partial u}{\partial x}$, $\frac{\partial u}{\partial y}$, $\frac{\partial u}{\partial z}$ при $x = 2$, $y = -1$, $z = 1$.

3) Найти экстремумы функции $z = e^{2x}(x + y^2 + 2y)$.

4) Высота $H = 4$(см) и образующая $L = 5$(см) конуса измерены с точностью $\Delta = 0{,}1$(см). Найти объем конуса. Найти абсолютную и относительную погрешности объема.

5) Для функции $z = \arcsin\frac{x}{z}$, где $z = \sqrt{x^2 + 1}$ найти $\frac{\partial u}{\partial x}$ и $\frac{du}{dx}$ в точке, где $x = 1$.

6) Найти градиент функции $u = \sqrt{2} \cdot \arcsin\frac{x+2y}{x+z} + \sqrt[3]{\frac{2yz^2}{x}}$ в точке $M(1;-1;2)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^2 + \ln(y^2 + z^2) - \ln(x^2 + z^2) = 1$ в точке, где $x = 1$, $z = -2$, $y < 0$.

**Вариант 29.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \arccos\sqrt{xy}$.

2) Для функции $z = x^y$ найти $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}$. Сравнить эти производные.

3) Найти экстремумы функции $z = \frac{1}{4}x^2 + \frac{1}{2}y^2 - xy$.

4) С помощью дифференциала найти формулу объема стекла, нужного для изготовления цилиндрического стакана с толщиной стенок и дна к, если радиус внутреннего цилиндра R, а высота внутреннего цилиндра H.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $\ln x + \ln y - \sqrt[3]{y} = 0$ в точке $M(e;1)$.

6) Для функции $z = \ln(2x + y^2)$, где $x = \sin(2t)$, $y = \cos^2 t$ найти $\frac{dz}{dt}$.

7) Найти модуль градиента функции $u = x^2 - 2y^2 + z^2 - 4x + 2z$ в точке $M_1(1;1;1)$ и производную в точке $M_1$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;3;0)$.

**Вариант 30.**

1) Найти и построить область определения функции $u = \sqrt{\dfrac{x^2 - 4x + y^2}{x^2 + 4x + y^2}}$.

2) Для функции $z = \ln\left( tg\dfrac{x}{y} \right)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$, $\dfrac{\partial z}{\partial y}$, $\dfrac{\partial^2 z}{\partial x^2}$, $\dfrac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}$.

3) Найти экстремум функции $z = 2x^2 + y^2 - xy - 7x + 14$.

4) Для функции $u = \sqrt[3]{x + y^2}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 2$, $y = 5$, $\Delta x = 0{,}1$, $\Delta y = 0{,}01$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $xe^{2x+y} - e^{3x^2+2y} = 0$ в точке $M_1(1;-1)$.

6) Для функции $z = \dfrac{u}{v} arctg(u + v)$, где $u = xy$, $v = x + y$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

7) Найти градиент функции $u = \dfrac{x^2}{y} - \dfrac{4y}{z^2} + x^2 z^2$ в точке $M_1(1;-1;2)$. Найти производную этой функции в точке $M_1$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;-4;-4)$.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4 ПО ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ЭЛЕМЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

### Организация выполнения контрольной работы №4

Выполнение контрольной работы в виде решения ряда задач по теории вероятностей и элементам математической статистики практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умений и навыков в соответствии с компетенциями образовательной программы.

Выполнение контрольной работы призвано стимулировать самостоятельную работу студентов по изучению основ математики; оно направлено на формирование знаний основных категорий теории вероятностей и элементов математической статистики, развитие навыков логического мышления, обобщения и умения делать верные выводы.

Каждый студент получает от преподавателя дисциплины свой вариант контрольной работы. Каждый вариант контрольной работы включает 18 задач.

При этом предлагаются образцы задач с подробными объяснениями и решениями по всем изучаемым темам данного раздела, подобные представленным в контрольной работе.

### Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном виде. Контрольная работа выполняется либо в ученической тетради, либо на листах формата А4 (сшитых) в той последовательности, которая определена вариантом. Вначале переписывается содержание каждой задачи, затем приводится ее подробное решение и дается ответ.

В случае выполнения контрольной работы на отдельных листах все страницы работы должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не

ставится. Титульный лист работы оформляется студентом по образцу, данному в приложении.

В конце работы должен быть представлен список использованной литературы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №4

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

*Задача 1*

При массовом производстве полупроводниковых диодов вероятность брака при формовке 0,2. Какова вероятность того, что из 400 наугад взятых диодов ровно 84 будут бракованными?

*Решение*

Так как $n = 400$ представляет собой достаточно большое число и $p = 0{,}2$, то можно считать, согласно локальной теореме Лапласа, что случайная величина $X = k$ распределена по нормальному закону. Тогда вероятность того, что в $n$ независимых испытаниях событие наступит ровно $k$ раз, приближённо равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}}\varphi(x),$$

где $$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}, \quad x = \frac{k-np}{\sqrt{npq}}.$$

По условиям задачи $k = 84$; $q = 0{,}8$, $p = 0{,}2$, $n = 400$, тогда

$$P\,(\mathrm{X} = 84) \approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}} \varphi\left(\frac{84 - 400 \cdot 0{,}2}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}}\right) =$$

$$= \frac{1}{8}\varphi\,(0{,}5) = \frac{1}{8} 0{,}3521 \approx 0{,}044.$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений $x$ приводится в приложениях к учебникам (см., например, В. Е. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике). Для отрицательных значений $x$ пользуются той же таблицей, так как функция $\varphi(x)$ – чётная.

*Задача* 2

Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах соответственно равны:

$$p_1 = 0{,}4; \;\; p_2 = 0{,}5; \;\; p_3 = 0{,}7.$$

Найти вероятности того, что в результате этих трёх выстрелов по мишени будет:

а) ровно одно попадание;

б) хотя бы одно попадание;

в) ровно два попадания.

*Решение*

а) Пусть событие $A$ – одно попадание в мишень. Обозначим $A_1 - A_3 -$ события, означающие попадания в мишень соответственно при первом, втором и третьем выстрелах. Событие $A$ выражается так

$$A = A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3,$$

где $\overline{A}_1 - \overline{A}_3 -$ события, противоположные соответственно событиям $A_1 - A_3$.

Применяя теорему сложения вероятностей для несовместных событий и теорему умножения для независимых событий, получим

$$P(A) = P(A_1\overline{A}_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1A_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1\overline{A}_2A_3) =$$
$$= P(A_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(A_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(A_3) =$$
$$= 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 = 0{,}36.$$

б) Пусть событие $B$ – хотя бы одно попадание в мишень, тогда

$$B = A_1A_2A_3 + A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3.$$

Но легче подсчитать вероятность противоположного события $\overline{B}$ – ни одного попадания при трёх выстрелах:

$$\overline{B} = \overline{A}_1\overline{A}_2\overline{A}_3.$$

Тогда $P(B) = 1 - P(\overline{B}) = 1 - 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 = 1 - 0{,}09 = 0{,}91$.

в) Пусть событие $C$ равно двум попаданиям, тогда

$$C = A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + \overline{A}_1A_2A_3,$$

$$P(C) = 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 = 0{,}41.$$

*Задача* 3

По каналу связи передаётся один из двух возможных сигналов $x_1$ или $x_2$. Сигнал $x_2$ передаётся в среднем в два раза чаще, чем сигнал $x_1$. Из-за наличия помех возможны искажения: вместо сигнала $x_1$ на приёме может быть получен сигнал $x_2$ и наоборот. Свойства канала связи таковы, что сигнал $x_1$ подвергается искажениям в 10 %, а сигнал $x_2$ – в 20 % случаев. Предположим, что получен сигнал $x_1$. Какова вероятность, что передан этот же сигнал?

*Решение*

Введём обозначения:

событие $A$ – передан сигнал $x_1$;

событие $B$ – получен сигнал $x_1$.

Тогда событие $\overline{A}$ – передан сигнал $x_2$. Событие $B$ может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) $A$ и $\overline{A}$.

По условиям задачи:

$$P(A) = \frac{1}{3}; \quad P(\overline{A}) = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что получен сигнал $x_1$, при условии, если передали этот же сигнал:

$$P(B/A) = 0{,}9.$$

Вероятность того, что получен сигнал $x_1$, если передали сигнал $x_2$:

$$P(B/\overline{A}) = 0{,}2.$$

Искомую вероятность $P(A/B)$ находим по формуле Бейеса:

$$P(A/B)=\frac{P(A)\cdot P(B/A)}{P(A)\cdot P(B/A)+P(\overline{A})\cdot P(B/\overline{A})}=\frac{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9}{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9+\frac{2}{3}\cdot 0{,}2}\approx 0{,}692.$$

*Задача* 4

"$n$" стрелков независимо друг от друга стреляют по одной и той же цели. Вероятность попадания для каждого стрелка равна $p=0{,}004$. Определить количество стрелков, которое потребуется для поражения цели с вероятностью не меньшей, чем $P=0{,}98$.

*Решение*

Пусть событие *A* – поражение цели стрелками, тогда $\overline{A}$ – промахи всех стрелков. Так как выстрелы производятся независимо друг от друга, то по теореме умножения вероятностей

$$P(\overline{A})=(1-p)^n,$$

а вероятность наступления события *A*

$$P(A)=1-P(\overline{A})=1-(1-p)^n.$$

По условию задачи необходимо, чтобы

$$1-(1-p)^n\geq P$$

или

$$1-P\geq(1-p)^n.$$

Отсюда $\lg(1-P)\geq n\cdot\lg(1-p)$

и с учетом того, что

$$\lg(1-p)<0:$$

$$n\geq\frac{\lg(1-P)}{\lg(1-p)}.$$

При $p$ = 0,004 и $P$ = 0,98 получим:

$$n\geq\frac{\lg\ 0{,}02}{\lg\ 0{,}996}\approx 976.$$

*Ответ:*

Для поражения цели требуется не менее 976 стрелков.

*Задача 5*

Из партии, состоящей из 50 изделий, среди которых имеется 5 бракованных, выбраны случайным образом четыре изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа $X$ бракованных изделий, содержащихся в выборке, и найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратичное отклонение случайной величины $X$. Найти функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

*Решение*

Возможными значениями случайной величины $X$ будут

$x_1=0$ (в выборке нет бракованных изделий);

$x_2=1$ (в выборке одно бракованное изделие);

$x_3=2;\ x_4=3;\ x_5=4$ (все четыре выбранных изделия бракованные).

Найдем вероятность того, что случайная величина $X$ примет эти значения.

а) $x_1=0$.

Согласно классическому определению вероятности, вероятностью события $A$ называется отношение числа благоприятных случаев $m$ к общему числу случаев $n$:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Общее число состоит из возможных комбинаций, которые можно образовать из 50 изделий по четыре, т. е.

$$n = C_{50}^4,$$

где число сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Из этого числа случаев благоприятными являются только те выборки, которые не содержат бракованных изделий. Так как имеется 45 не бракованных изделий, то число благоприятных случаев – это число способов, которыми можно выбрать 4 изделия из 45, т. е. $m = C_{45}^4,$

тогда для $x_1 = 0$

$$p_1 = \frac{C_{45}^4}{C_{50}^4} = \frac{\frac{45!}{4!\cdot 41!}}{\frac{50!}{4!\cdot 46!}} = \frac{42 \cdot 43 \cdot 44 \cdot 45}{47 \cdot 48 \cdot 49 \cdot 50} = 0{,}64696.$$

б) $x_2 = 1.$

Общее число случаев $n = C_{50}^4.$

Благоприятными случаями являются те выборки, которые содержат одно бракованное изделие и три не бракованных.

Число способов, которыми можно выбрать одного бракованное изделие из пяти, равно числу сочетаний из 5 по 1, т. е. $C_5^1.$

Кроме того, число способов, которыми можно выбрать остальные три не бракованных изделия из 45, равно $C_{45}^3.$ А так как каждое выбранное бракованное изделие может оказаться в одной выборке с каждой из троек не бракованных изделий, то число всех выборок по 4 изделия, в которых одно бракованное, а три не бракованных, равно: $C_5^1 \cdot C_{45}^3,$

тогда $$p_2 = \frac{C_5^1 \cdot C_{45}^3}{C_{50}^4} = 0{,}30807.$$

в) Вероятность того, что случайная величина $X$ примет значение, равное 2, равна

$(x_3 = 2)$ $$p_3 = \frac{C_5^2 \cdot C_{45}^2}{C_{50}^4} = 0{,}043.$$

г) $x_4 = 3;$ $$p_4 = \frac{C_5^3 \cdot C_{45}^1}{C_{50}^4} = 0{,}00195.$$

д) $x_5 = 4;$ $$p_5 = \frac{C_5^4 \cdot C_{45}^0}{C_{50}^4} = 0{,}00002.$$

Получим следующий ряд распределения:

| $X$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $P$ | 0,64696 | 0,30807 | 0,043 | 0,00195 | 0,00002 |

Определяем математическое ожидание (округлим до 0,001).

$$M(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i p_i = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 2 \cdot 0{,}043 + 3 \cdot 0{,}002 + 4 \cdot 0 = 0{,}398 \approx 0{,}4.$$

Дисперсию вычислим по формуле

$$D(X)=\sum_{i=1}^{5}x_i^2p_i-\left(M(X)\right)^2.$$

Для нахождения дисперсии составим ряд распределения для величины $x^2$ (вероятности округлены до 0,001):

| $X^2$ | 0 | 1 | 4 | 9 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|
| $P$ | 0,647 | 0,308 | 0,043 | 0,002 | 0 |

тогда

$$D(X)=0\cdot0{,}647+1\cdot0{,}308+4\cdot0{,}043+9\cdot0{,}002+16\cdot0-(0{,}4)^2\approx0{,}338\approx0{,}34.$$

Среднее квадратичное отклонение $\sigma(x)$ рассчитывается по формуле

$$\sigma(X)=\sqrt{D(X)}=\sqrt{0{,}34}\approx0{,}58.$$

Найдём функцию распределения $F(x)$. Согласно определению, функцией распределения случайной величины $X$ называется вероятность того, что она примет значение меньшее, чем заданное $X$:

$$F(x)=P\{X<x\}.$$

1. Пусть $x\le0$; так как число изделий отрицательным быть не может, то для любого $x\le0$ (включая 0) $F(x)=0.$
2. Пусть $0<x\le1$ (например, $x=1/2$):
$$F(x)=P\{X=0\}=0{,}64696.$$
3. Пусть $1<x\le2$ (например, 1,75):
$$F(x)=P\{X<2\}=P\{X=0\}+P\{X=1\}=0{,}64696+0{,}30807=0{,}95503.$$

Очевидно, что и $F(2)=0{,}95503.$

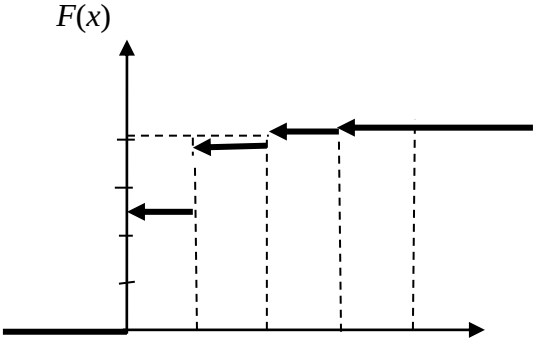
4. Пусть $2<x\le3$, тогда
$$F(x)=P\{X<3\}=P\{x=0\}+P\{x=1\}+P\{x=2\}$$
$$0{,}95503+0{,}043=0{,}99803.$$
5. Пусть $3<x\le4$: $F(x)=P\{X<4\}=0{,}99803+0{,}00195=0{,}999.$

Тогда и $F(4)=0{,}99998.$

6. Пусть $x>4$: $F(x)=0{,}99998+0{,}00002=1.$

Итого:
$$F(x)=\begin{cases}0, & x\le0,\\ 0{,}64696, & 0<x\le1,\\ 0{,}95503, & 1<x\le2,\\ 0{,}99803, & 2<x\le3,\\ 0{,}99998, & 3<x\le4,\\ 1, & x>4\end{cases}.$$

Изобразим графические функции $F(x)$:



0 1 2 3 4 $x$

*Задача* 6

Дискретная случайная величина $X$ может принимать только два значения: $x_1$ и $x_2$, причем $x_1 < x_2$. Известны вероятность $p_1$ возможного значения $x_1$, математическое ожидание $M(X)$ и $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если $p_1 = 0{,}3;\quad M(X) = 3{,}4;\quad D(X) = 0{,}84.$

*Решение*

Сумма вероятностей всех возможных значений дискретной случайной величины равна единице, поэтому вероятность того, что $X$ примет $x_2$, равна
1 – 0,3 = 0,7.

Напишем закон распределения *X*:

| $X$ | $x_1$ | $x_2$ |
|---|---|---|
| $P$ | 0,3 | 0,7 |

Для отыскания $x_1$ и $x_2$ надо составить два уравнения, связывающие эти числа. С этой целью выразим известные математическое ожидание и дисперсию через $x_1$ и $x_2$

Найдем $M(X)$:

$$M(X) = 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2.$$

По условию: $M(X) = 3{,}4,$ следовательно,

$$0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \qquad (1)$$

Напишем закон распределения $X^2$

| $X^2$ | $x_1^2$ | $x_2^2$ |
|---|---|---|
| $p$ | 0,3 | 0,7 |

Найдём $M(X^2)$:

$$M(X^2) = 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2.$$

Формула для нахождения дисперсии имеет вид:

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

Подставляя, $D(X) = 0{,}84,$ получим

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 - (3{,}4)^2 = 0{,}84$$

или

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4. \qquad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \\ 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 = 34 \\ 3x_1^2 + 7x_2^2 = 124. \end{cases}$$

Из первого уравнения находим

$$x_1 = \frac{34 - 7x_2}{3}.$$

Подставляя это значение $x_1$ во второе уравнение, получим после упрощения

$$5x_2^2 - 34x_2 + 56 = 0.$$

Корнями этого квадратного уравнения будут числа $x_2' = 2{,}8$ и $x_2'' = 4.$

Для $x_2' = 2{,}8$ находим

$$x_1' = \frac{34 - 7 \cdot 28}{3} = 4{,}8.$$

Для $x_2'' = 4$ находим

$$x_1'' = \frac{34 - 7 \cdot 4}{3} = 2.$$

Но по условию задачи $x_1 < x_2,$ поэтому остаётся принять, что $x_1 = 2$ и $x_2 = 4.$

Таким образом, закон распределения случайной величины $X$ имеет вид:

| $X$ | 2 | 4 |
|---|---|---|
| $P$ | 0,3 | 0,7 |

*Задача* 7

Случайная величина $X$ задана интегральной функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$. Построить график функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина $X$ примет значение, заключенное в интервале $\left(\frac{\pi}{16}; \frac{\pi}{12}\right)$, если

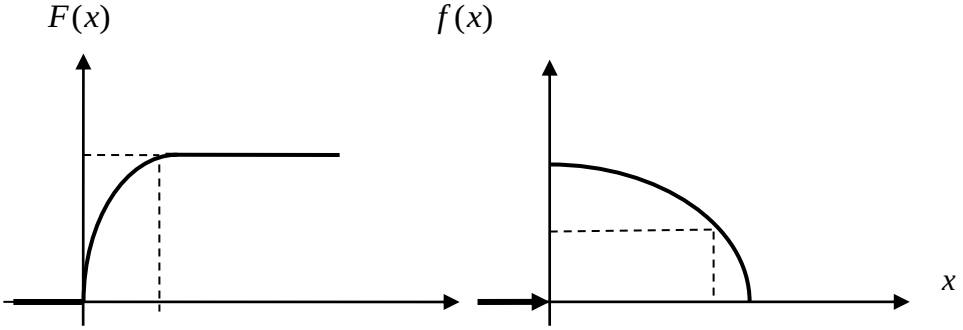
$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при} \quad x < 0 \\ \sin 4x, & \text{при} \quad 0 \le x \le \frac{\pi}{8} \\ 1, & \text{при} \quad x > \frac{\pi}{8} \end{cases}.$$

*Решение*

Для нахождения плотности вероятности $f(x)$ воспользуемся формулой $f(x) = F'(x)$. Тогда

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при} \quad x < 0 \\ 4\cos 4x, & \text{при} \quad 0 < x \le \frac{\pi}{8} \\ 0, & \text{при} \quad x > \frac{\pi}{8} \end{cases}.$$

Графики $F(x)$ и $f(x)$ таковы:



$0 \quad \frac{\pi}{8} \qquad\qquad 0 \qquad \frac{\pi}{12} \quad \frac{\pi}{8}$

Для нахождения математического ожидания используем формулу

$$M(X) = \int_a^b x \cdot f(x)\,dx,$$

где $a$ и $b$ – границы интервала, которому принадлежат все возможные значения $X$.

Подставив $a = 0; \quad b = \frac{\pi}{8}; \quad f(x) = 4\cos 4x$, получим

$$M(X) = \int_0^{\pi/8} x \cdot 4\cos 4x dx = 4\int_0^{\pi/8} x \cdot \cos 4x dx =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} u = x; & dv = \cos 4x dx \\ du = dx; & v = \frac{1}{4}\sin 4x \end{array} \right| =$$

$$= 4x\frac{1}{4}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - 4\int_0^{\pi/8} \frac{1}{4}\sin 4x =$$

$$= x\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - 4\int_0^{\pi/8} \sin 4x dx =$$

$$= \frac{\pi}{8}\cdot\sin\frac{4\pi}{8} + \frac{1}{4}\cos 4x\Big|_0^{\pi/8} = \frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}.$$

Для нахождения дисперсии воспользуемся формулой

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x)dx - M^2(X),$$

тогда $$D(X) = 4\int_a^b x^2\cos 4x dx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} u = x^2, & \cos 4x dx = dv \\ du = 2x dx, & v = \frac{1}{4}\sin 4x \end{array} \right| =$$

$$4\frac{1}{4}\sin 4x \cdot x^2\Big|_0^{\pi/8} - 4\frac{1}{4}\int_0^{\pi/8} 2x\sin 4x - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$x^2\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - 2\int_0^{\pi/8} x\sin 4x dx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} x = u, & \sin 4x dx = dv \\ dx = du, & v = -\frac{1}{4}\cos x \end{array} \right| =$$

$$\frac{\pi^2}{64} - 2(-\frac{1}{4}x\cos 4x\Big|_0^{\pi/8} + \frac{1}{4}\int_0^{\pi/8}\cos 4x dx) - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - 2\frac{1}{16}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - -\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - \frac{1}{8} - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 = \frac{\pi - 3}{16}.$$

Вероятность того, что заданная величина $X$ примет значения, заключённые в интервале $\left(\frac{\pi}{16}; \frac{\pi}{12}\right)$, находится по формуле

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a),$$

тогда

$$P\left(\frac{\pi}{16} < X < \frac{\pi}{12}\right) = \sin 4x\Big|_{\pi/16}^{\pi/12} = \sin\frac{\pi}{3} - \sin\frac{\pi}{4} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} - \sqrt{2}}{2} \approx 0{,}159.$$

*Задача* 8

Найти вероятность того, что в четырёх независимых испытаниях событие $A$ повторится:

а) ровно два раза;

б) не менее двух раз;

в) не более двух раз;

г) хотя бы один раз,

если в каждом испытании вероятность появления события $A$ равна 0,4.

*Решение*

Для решения задачи воспользуемся формулой Бернулли: вероятность того, что в $n$ независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события $p$ $(0 < p < 1)$, событие наступит ровно $k$ раз (безразлично, в какой последовательности), равна

$$P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $q = 1 - p$; тогда вероятность того, что в четырёх испытаниях событие $A$ наступит:

а) ровно два раза, равна

$$P_4(2) = C_4^2 \cdot 0{,}4^2 \cdot 0{,}6^2 = \frac{4!}{2!\cdot 2!} 0{,}16 \cdot 0{,}36 = 0{,}3456;$$

б) не менее двух раз:

$$P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 0{,}3456 + 0{,}1536 + 0{,}0256 = 0{,}5248;$$

в) не более двух раз:

$$P_4(0) + P_4(1) + P_4(2) = 1 - P_4(3) - P_4(4) =$$

$$= 1 - 0{,}1536 - 0{,}0256 = 0{,}8208;$$

г) хотя бы один раз:

$$P_4(1) + P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 1 - P_4(0) =$$

$$= 1 - C_4^0 \cdot 0{,}4^0 \cdot 0{,}6^4 = 1 - 0{,}1296 = 0{,}8704.$$

*Задача 9*

Известны математическое ожидание $a = 7$ и среднее квадратичное отклонение $\sigma$ нормально распределённой величины $X$. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (4, 13).

*Решение*

Вероятность того, что нормально распределённая величина $X$ примет значение, принадлежащее интервалу $(\alpha, \beta)$, равна:

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Подставив $\alpha = 4, \quad \beta = 13, \quad a = 7$ и $\sigma = 3$, получим

$$P(4 < X < 13) = \Phi\left(\frac{13-7}{3}\right) - \Phi\left(\frac{4-7}{3}\right) = \Phi(2) - \Phi(-1) = \Phi(2) + \Phi(1).$$

По таблиц значений функций Лапласа (смотреть, например Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, прил. 2) находим:

$$\Phi(2) = 0{,}4772; \quad \Phi(1) = 0{,}3413,$$

тогда

$$P(4 < X < 13) = 0{,}4772 + 0{,}3413 = 0{,}8185.$$

*Задача 10*

В лифт семиэтажного дома на первом этаже вошли три человека. Каждый из них с одинаковой вероятностью выходит на любом из этажей, начиная со второго. Найти вероятности следующих событий:

*A* – все пассажиры выйдут на четвёртом этаже;

*B* – все пассажиры выйдут одновременно (на одном и том же этаже);

*C* – все пассажиры выйдут на разных этажах.

*Решение*

Общее число случаев $n = 6^3 = 216, \quad P(A) = \frac{1}{216}$. Вероятность события *B* вшестеро больше вероятности события *A* (так как этажей, на которых можно выйти, 6); $m = 6$ и $\mathrm{P(B)} = \frac{6}{216} = \frac{1}{36}$. Для события *C* число способов, которыми можно распределить трёх пассажиров по шести этажам: $m = C_6^3 = 20$;

$$P(C) = \frac{20}{216} = \frac{5}{54}.$$

*Задача 11*

Двое поочередно бросают монету. Выигрывает тот, у которого раньше появится герб. Определить вероятность выигрыша для каждого из игроков.

*Решение*

Вероятность выигрыша для игроков обозначим $p_1$ и $p_2$.

$$p_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} + \cdots = \frac{2}{3}.$$

Имеем сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии, где

$$b_1 = \frac{1}{2}, \quad q = \frac{1}{4}, S = \frac{b_1}{1-q} = \frac{2}{3}.$$

Аналогично

$$p_2 = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^6} + \cdots = \frac{1}{3},$$

$$\text{где } b_1 = \frac{1}{4}, \quad q = \frac{1}{4}.$$

Другое решение:

$$p_1 + p_2 = 1,\ p_2 = \frac{1}{2}p_1, \quad \text{т.е.} \quad p_1 = \frac{2}{3},\ p_2 = \frac{1}{3}.$$

*Задача 12*

Плотность распределения вероятностей случайной величины $X$ имеет вид $f(x) = \gamma e^{-x^2+2x+3}$. Найти $\gamma$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины $X$, вероятность выполнения неравенства $-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}$.

*Решение*

Используем формулы для нормального распределения. Плотность нормального распределения: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}}$. Преобразуем заданную функцию:

$$f(x) = \gamma e^{-((x^2-2x+1)-1-3)} = \gamma e^{-(x-1)^2+4} = \gamma e^4 e^{-(x-1)^2}.$$

Отсюда имеем:

$$2\sigma^2 = 1, \quad D(X) = \sigma^2 = \frac{1}{2}, \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$\gamma e^4 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\pi}}; \quad \gamma = \frac{1}{e^4\sqrt{\pi}};$$

$$F(x) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(\sqrt{2}(x-1));$$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right);$$

$$P\left(-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}\right) = \Phi\left(\frac{\frac{4}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) - \Phi\left(\frac{-\frac{1}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) = \Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right) + \Phi\left(\frac{4\sqrt{2}}{3}\right) =$$

$$= \Phi(0{,}4714) + \Phi(1{,}8856) = 0{,}1808 + 0{,}4706 = 0{,}6514.$$

*Задача* 13

Дана плотность распределения случайной величины $X$:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x \in [a, b], \\ 0, & x \bar{\in} [a, b]. \end{cases}$$

Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины $Y$, которая представляет собой площадь квадрата со стороной $x$, если $a = 4$, $b = 6$.

*Решение*

$$Y = \varphi(x) = x^2, \qquad M(Y) = \int_a^b \varphi(x) f(x) dx,$$

$$M(Y) = \int_4^6 x^2 \frac{(x-4)}{2} dx = \frac{86}{3};$$

$$D(Y) = \int_a^b \varphi^2(x) f(x) dx - M^2(Y);$$

$$D(Y) = \int_4^6 x^4 \frac{(x-4)}{2} dx - \left(\frac{86}{3}\right)^2 = \frac{1084}{45} \approx 24{,}1.$$

**Комплект вариантов контрольной работы №4**

**ВАРИАНТ 1**

1. Два брата входят в состав двух различных спортивных команд, состоящих из 12 человек каждая. В двух урнах имеется по 12 билетов с номерами от 1 до 12. Члены каждой команды вынимают наудачу по одному билету из определенной урны (без возвращения). Найти вероятность того, что оба брата вытащат номер 6.

2. Радиолампа может принадлежать к одной из трёх партий с вероятностями 0,25; 0,5; 0,25. Вероятности того, что лампа проработает заданное число часов, равны для этих партий, соответственно, 0,1; 0,2; 0,5. Определить вероятность того, что радиолампа проработает заданное число часов.

3. Чему равна вероятность того, что при бросании трёх игральных костей 6 очков появится хотя бы один раз?

4. Вероятность выхода из строя за время $T$ одного конденсатора равна 0,2. Определить вероятность того, что за время $T$ из 100 конденсаторов выйдут из строя:

а) не менее 20 конденсаторов;

б) менее 28 конденсаторов;

в) от 14 до 26 конденсаторов.

5. Опыт состоит из трёх бросаний монеты, из которых герб выпадает с вероятностью $p$ = 0,5. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения**.**

**ВАРИАНТ 2**

1. Студент знает 45 из 60 вопросов программы. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) все три вопроса; б) только два; в) только один вопрос.

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

3. При передаче сообщения сигналами «точка» и «тире» эти сигналы встречаются в соотношении 5/3. Статистические свойства помех таковы, что искажаются в среднем 2/5 сообщений «точка» и 1/3 сообщений «тире». Найти вероятность того, что произвольный из принятых сигналов не искажён.

4. Вероятность поражения мишени стрелком при одном выстреле равна 0,75. Найти вероятность того, что при 10 выстрелах, стрелок поразит мишень 8 раз. Результат, полученный применением локальной теоремы Лапласа, сравнить с результатом, полученным по формуле Бернулли.

5. Опыт состоит из четырех независимых бросаний монеты, в каждом из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0,5$. Для случайного числа появлений герба построить:

а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

## ВАРИАНТ 3

1. В каждой из двух урн находится 5 белых и 10 черных шаров. Из первой урны переложили во вторую наудачу один шар, а затем из второй вынули наугад один шар. Найти вероятность того, что вынутый шар окажется чёрным.

2. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,8. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

3. В лотерее 1000 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 500 рублей, на 10 билетов – по 100 рублей, на 50 билетов – по 20 рублей, на 100 билетов – по 5 рублей, остальные билеты невыигрышные. Некто покупает 1 билет. Найти вероятность выигрыша не менее 20 рублей.

4. Для определения содержания полезных компонентов на металлургическом комбинате проводится опробование вагонов с товарной рудой. Найти вероятность того, что из 400 вагонов опробование пройдут ровно 80 вагонов, если из 5 вагонов опробуется только один.

5. Производится 4 выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна 0,3. Для случайного числа попаданий построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения, г) найти математическое ожидание.

## ВАРИАНТ 4

1. Три стрелка в одинаковых и независимых условиях производят по одному выстрелу по одной и той же цели. Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,9, вторым – 0,8, третьим – 0,7. Найти вероятность того, что: а) только один из стрелков попадает в цель; б) только два стрелка попадут в цель; в) все три стрелка попадут в цель.

2. Наборщик пользуется двумя кассами. В первой кассе – 90 %, а во второй – 80 % отличного шрифта. Найти вероятность того, что любая извлечённая литера из наудачу взятой кассы будет отличного качества.

3. Студент знает 70 из 90 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором 3 вопроса.

4. Имеются 100 станков одинаковой мощности, работающих независимо друг от друга в одинаковом режиме, при котором их привод оказывается включённым в течение $p = 0{,}8$ всего рабочего времени. Какова вероятность того, что в произвольно взятый момент времени окажутся включенными от 70 до 80 станков?

5. Производится взрывание пяти скважин. Вероятность высокой эффективности объёма взорванной массы одной скважины равна 0,7. Построить ряд распределения эффективности объёма взорванной массы и найти её математическое ожидание.

## ВАРИАНТ 5

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 1600 испытаниях событие наступит 1200 раз.

2. Автомат штампует детали. Вероятность того, что за один час не будет выпущено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Найти вероятность того, что будут стандартными все детали, выпущенные за 3 часа.

3. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых автомашин как 3/2. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1, для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что эта машина грузовая.

4. Из цифр 1 – 5 выбирается наудачу одна, затем из оставшихся также наудачу выбирается вторая. Найти вероятности следующих событий:

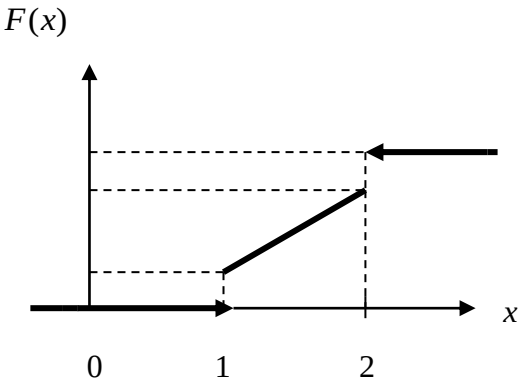
событие $A$ – первая цифра чётная;

событие $Б$ – вторая цифра чётная;

событие $B$ – обе цифры чётные;

событие $D$ – хотя бы одна цифра чётная.

5. Случайная величина $X$ имеет функцию распределения, заданную графически.




Значения $x=1$ и $x=2$ имеют отличные от нуля вероятности:

$$P\{x=1\}=0{,}25,$$
$$P\{x=2\}=0{,}75,$$

при $x<1 \quad F(x)=0,$ при $x>2 \quad F(x)=1.$

На участке $1\le x\le 2 \quad F(x)$ изменяется по линейному закону. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

**ВАРИАНТ 6**

1. Для сигнализации об аварии установили три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии сработает первое устройство, равна 0,9; второе – 0,95 и третье – 0,85. Найти вероятность того, что при аварии сработает: а) только одно устройство; б) только два устройства; в) все три устройства.

2. Рабочий обслуживает три станка, на которых обрабатываются однотипные детали. Вероятность брака для первого станка равна 0,02; для второго – 0,03; для третьего – 0,04. Обработанные детали складываются в один ящик. Производительность первого станка в три раза больше, чем второго, а третьего – в два раза меньше, чем второго. Определить вероятность того, что взятая наудачу деталь будет бракованной.

3. Какова вероятность того, что квадрат выбранного наудачу целого числа будет оканчиваться цифрой 1.

4. В ОТК поступила партия изделий. Вероятность того, что наудачу взятое изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из 100 проверенных изделий окажется стандартных не менее 84.

5. Производятся последовательные испытания приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался

надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9.

## ВАРИАНТ 7

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,07. Найти вероятность того, что в 1400 испытаниях событие наступит ровно 28 раз.

2. Два автомата производят детали, которые поступают на общий конвейер. Вероятность получения нестандартной детали на первом автомате равна 0,06, а на втором – 0,09. Производительность второго автомата вдвое больше, чем первого. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь нестандартна.

3. Из колоды в 52 карты вынимается наудачу три карты. Найти вероятность того, что это тройка, семёрка и туз.

4. Монета подбрасывается 5 раз. Найти вероятность следующих событий:

событие $A$ – все пять раз появится герб;

событие $Б$ – хотя бы один раз появится герб;

событие $B$ – герб появится ровно два раза.

5. В денежной лотерее выпущено 100 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 50 руб.; четыре выигрыша по 25 руб.; десять – по 10 руб.; остальные невыигрышные. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина $X$ – стоимость возможного выигрыша) и найти математическое ожидание.

## ВАРИАНТ 8

1. В партии из 100 деталей имеются 10 дефектных. Найти вероятность того, что среди 5 изделий, наудачу взятых из этой партии, только 2 окажутся дефектными.

2. В двух ящиках содержится по 20 деталей, причём из них в первом ящике 17, а во втором – 15 нестандартных деталей. Из второго ящика наудачу извлечена одна деталь и переложена в первый ящик. Найти вероятность того, что наудачу извлеченная деталь из первого ящика будет стандартной.

3. Данное предприятие в среднем даёт 21 % продукции высшего сорта и 70 % продукции первого сорта. Найти вероятность того, что случайно взятое изделие окажется первого или высшего сорта.

4. Вероятность того, что в результате четырёх независимых опытов событие $A$ произойдёт хотя бы один раз, равна 0,5. Определить вероятность появления события $A$ при одном опыте, если она во всех опытах остаётся неизменной.

5. Игральная кость брошена 2 раза. Написать ряд распределения числа появлений «тройки» и найти математическое ожидание.

## ВАРИАНТ 9

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 125 испытаниях событие наступит не менее 75 и не более 90 раз.

2. Две сотрудницы набили по одинаковому комплекту перфокарт, вероятность того, что первая сотрудница допустит ошибку, равна 0,05, для второй эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая сотрудница.

3. Два студента ищут нужную им книгу в букинистических магазинах. Вероятность того, что книга будет найдена первым студентом, равна 0,6, а вторым – 0,7. Какова вероятность того, что только один из студентов найдет книгу?

4. С помощью карточек, на которых написано по одной букве, составлено слово «карета». Карточки перемешиваются, а затем наугад извлекаются по одной. Какова вероятность, что сложится слово «ракета».

5. На пути движения автомашины 4 светофора. Каждый из них с вероятностью 0,5 либо разрешает, либо запрещает автомашине дальнейшее движение. Построить ряд и многоугольник распределения вероятностей числа светофоров, пройденных автомашиной без остановки.

## ВАРИАНТ 10

1. На трёх станках при одинаковых и независимых условиях изготовляются детали одного наименования. На первом станке изготовляется 10 %, на втором – 30 %, на третьем – 60 % всех деталей. Для каждой детали вероятность быть бездефектной равна 0,7, если она изготовлена на первом станке; 0,8 – если она изготовлена на втором станке; 0,9 – на третьем станке. Найти вероятность того, что наугад взятая деталь окажется бездефектной.

2. Для поражения цели достаточно попадания хотя бы одного снаряда. Произведено 2 залпа из двух орудий. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель при одном выстреле из 1-го орудия равна 0,3, а из второго – 0,4.

3. На столе лежат 36 экзаменационных билетов с номерами 1, 2, …, 36. Преподаватель берёт три любых билета. Какова вероятность того, что они из первых четырёх?

4. Вероятность для данного спортсмена улучшить свой предыдущий результат с одной попытки равна 0,6. Определить вероятность того, что на соревнованиях спортсмен улучшит свой результат, если разрешается делать две попытки.

5. Энергосистема состоит из четырёх блоков, работающих независимо. Вероятность исправного состояния блоков в течение времени $T$ равна 0,6. Рассматривается случайная величина $X$ – число блоков, находящихся в исправном состоянии в течение времени $T$. Построить ряд распределения, функцию распределения величины $X$. Найти её математическое ожидание.

**ВАРИАНТ 11**

1. Из трёх орудий произведены залпы по цели. Вероятность попадания в цель при одном выстреле из первого орудия равна 0,9, для второго и третьего орудий эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,6. Найти вероятность того, что только одно орудие попадает в цель.

2. На сборку поступают детали с двух автоматов. Первый автомат даёт 0,2 % брака, а второй – 0,3 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступило 3000, а со второго 2000 деталей.

3. На экзамене студенту предлагается 20 билетов. В каждом билете 3 вопроса. Из 60 вопросов, вошедших в билеты, студент знает 50. Какова вероятность того, что взятый студентом билет будет состоять из известных ему вопросов?

4. Аппаратура содержит 2000 одинаково надёжных элементов, вероятность отказа от каждого из которых равна $p = 0{,}0005$. Какова вероятность отказа: а) одного элемента; б) хотя бы одного элемента.

5. В техническом устройстве работают независимо 2 блока. Вероятность безотказной работы первого блока 0,4; второго – 0,7. Случайная величина $X$ – число работающих блоков. Построить ряд распределения, многоугольник распределения случайной величины $X$. Найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратичное отклонение.

## ВАРИАНТ 12

1. Из 50 проб химического состава рудной массы в 35 пробах обнаружено наличие тяжелых металлов. Найти вероятность того, что тяжёлые металлы содержатся в двух взятых наудачу пробах.

2. Детали проходят три операции обработки. Вероятность получения брака на первой операции равна 0,02; на второй – 0,03; на третьей – 0,02. Найти вероятность получения не бракованной детали после трёх операций, предполагая, что получение брака на отдельных операциях являются событиями независимыми.

3. При разрыве снаряда образуются крупные, средние и мелкие осколки в отношении 1: 3: 6. При попадании в танк крупный осколок пробивает броню с вероятностью 0,9; средний – 0,3; мелкий – 0,1. Какова вероятность того, что попавший в броню осколок пробьёт её?

4. Случайная величина $X$ задана рядом распределения:

| $X$ | 2 | 3 | 10 |
|---|---|---|---|
| $P$ | 0,1 | 0,4 | 0,5 |

Найти $M(X); D(X); \sigma(X)$. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность любому абоненту позвонить на коммутатор в течение часа равна 0,01. Телефонная станция обслуживает 300 абонентов. Какова вероятность, что в течение часа позвонят 4 абонента?

## ВАРИАНТ 13.

1. В каждой из двух урн содержатся 3 чёрных и 7 белых шаров. Из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в первую урну, после чего из первой урны наудачу извлечён один шар. Найти вероятность того, что шар, извлеченный из первой урны, окажется белым.

2. Охотники Александр, Виктор и Павел попадают в летящую утку с вероятностями, соответственно равными: 2/3, 3/4 и 1/4. Все одновременно стреляют по пролетающей утке. Какова вероятность того, что утка будет убита?

3. Детали могут быть изготовлены с применением двух технологий: в первом случае деталь проходит 3 технологических операции, вероятность получения брака при каждой из которых равны, соответственно 0,1; 0,2 и 0,3. Во втором случае имеются 2 операции, вероятности получения брака при которых одинаковы и равны 0,3. Определить, какая технология обеспечивает большую вероятность получения первосортной продукции, если

в первом случае вероятность получения продукции первого сорта для не бракованной детали равна 0,9, а во втором – 0,8.

4. В течение часа коммутатор получает в среднем 60 вызовов. Какова вероятность того, что в течение 1 минуты не будет ни одного вызова?

5. В денежной лотерее выпущено 1000 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 100 руб., четыре – по 50 руб., 5 – по 40 руб. и десять по 10 руб. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина $X$ – стоимость возможного выигрыша). Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

**ВАРИАНТ 14.**

1. Три автомата изготовляют детали, которые поступают на общий контейнер. Производительность первого, второго и третьего автоматов относится как 2/3/5. Вероятность того, что деталь, изготовленная первым автоматом, отличного качества, равна 0,9, для второго и третьего автоматов эти вероятности, соответственно, равны 0,8 и 0,7. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь окажется отличного качества.

2. В записанном номере телефона оказалась стёртой последняя цифра. Какова вероятность того, что, наудачу набирая последнюю цифру телефонного номера, Вы сразу позвоните нужному лицу? Вычислить эту вероятность, предлагая, что Вы вспомнили, что последняя цифра: а) нечётная; б) не больше 5.

3. Производится выстрел по трём складам боеприпасов. Вероятность попадания в первый склад 0,01, во второй – 0,008, в третий – 0,025. При попадании в один из складов взрываются все три. Найти вероятность того, что склады будут взорваны.

4. Случайная величина $X$ задана законом распределения

| $X$ | 2 | 4 | 8 |
|---|---|---|---|
| $p$ | 0,1 | 0,5 | 0,4 |

Найти среднее квадратичное отклонение этой величины. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность рождения мальчика равна 0,515. Найти вероятность того, что из 200 родившихся детей мальчиков и девочек будет поровну.

**ВАРИАНТ 15.**

1. Для сигнализации об аварии установлены три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии первое устройство сработает, рана 0,8, для второго и третьего устройства эти вероятности, соответственно, равны 0,9 и 0,8. Найти вероятность того, что при аварии сработают: а) только одно устройство, б) только два устройства; в) все три устройства.

2. На сборку поступают детали с трёх автоматов. Первый автомат даёт 0,3 % брака, второй – 0,2 % брака, третий – 0,4 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступает
1000 деталей, со второго – 2000, а с третьего – 2500.

3. Цифровой замок содержит на общей оси 4 диска, каждый из которых разделён на 6 секторов, отмеченных определёнными цифрами. Замок может быть открыт только в том случае, когда цифры образуют определённую комбинацию. Какова вероятность открыть замок, установив определённую комбинацию цифр?

4. Игральная кость брошена 3 раза. Написать ряд распределения числа появлений шестёрки. Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$.

5. Вероятность изделия некоторого производства оказаться бракованным равна 0,005. Чему равна вероятность того, что из 10000, наудачу взятых изделий, бракованных окажется ровно 40?

**ВАРИАНТ 16.**

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при двух выстрелах равна 0,96. Найти вероятность двух попаданий при трёх выстрелах.

2. На сборку поступают детали с четырёх автоматов. Первый даёт 40 %, второй – 30 %, третий – 20 %, а четвёртый 10 % всех деталей данного типа, которые поступают на сборку. Первый автомат даёт 0,1 % брака, второй – 0,2 %, третий – 0,25 %, четвёртый – 0,5 %. Найти вероятность поступления на сборку бракованной детали.

3. Каждая из букв Т, М, Р, О, Ш написана на одной из пяти карточек. Карточки перемешиваются и раскладываются наугад. Какова вероятность того, что образуется слово «ШТОРМ»?

4. Случайная величина $X$ принимает только два значения + С и - С, каждые с вероятностью 0,5. Найти дисперсию этой случайной величины.

5. На склад магазина поступают изделия, из которых 80 % оказывается высшего сорта. Найти вероятность того, что из 100 взятых наугад изделий не менее 85 изделий окажутся высшего сорта.

## ВАРИАНТ 17.

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при трёх выстрелах равна 0,992. Найти вероятность четырёх попаданий при пяти выстрелах.

2. Однотипные детали поступают на сборку с двух автоматов. Первый автомат даёт 80 % необходимых для сборки деталей, а второй – 20 %. Вероятность детали быть бракованной, если она изготовлена на первом автомате, равна 1 %, если на втором – 4 %. Поступившая на сборку деталь оказалась бракованной. Какова вероятность того, что эта деталь изготовлена: а) на первом автомате; б) на втором автомате?

3. Телефонный номер состоит из 5 цифр. Определить вероятность того, что все цифры различны.

4. При ведении горных работ происходит загрязнение атмосферы газовыми выбросами в 9 из 10 случаев. Найти вероятность того, что при 50 массивных взрывах загрязнение атмосферы наступит не более, чем в 40 случаях.

5. В урне находится 15 белых, 10 чёрных и 3 синих шара. Каждое испытание состоит в том, что наудачу извлекают один шар, не возвращая его в урну. Найти вероятность того, что: а) при первом испытании появится белый шар (событие А), при втором – чёрный (событие В) и при третьем – синий (событие С); б) при первом испытании появится белый шар, а при втором и третьем – чёрные шары.

## ВАРИАНТ 18.

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что событие наступит 120 раз в 144 испытаниях.

2. Рабочий обслуживает 4 станка. Вероятность того, что в течение часа первый станок не потребует внимания рабочего, равна 0,3; второй – 0,4; третий – 0,7; четвёртый – 0,4. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего.

3. Литьё в болванках поступает с двух заготовительных цехов – 70 % из первого и 30 % из второго. При этом материал первого цеха имеет 10 % брака, а второго – 20 %. Найти вероятность того, что одна наудачу взятая болванка без дефектов.

4. Случайная величина принимает только два значения – +10 и -10, каждое с вероятностью 0,5. Найти среднее квадратичное отклонение этой величины.

5. В урне 15 белых и 20 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что: 1) оба шара будут чёрными; 2) оба шара будут разного цвета.

## ВАРИАНТ 19.

1. Партия деталей изготовлена двумя рабочими. Первый рабочий изготовил 2/3 партии, второй – 1/3 партии. Вероятность брака для первого рабочего 1 %, для второго – 10 %. На контроль взяли одну деталь. Какова вероятность того, что она бракованная?

2. Из зенитного орудия производится три выстрела по снижающемуся самолёту. Вероятность попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,1; 0,2; 0,4. Определить вероятность не менее двух попаданий в самолёт.

3. Найти функции распределения $F(x)$, математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратичное отклонение, если известен ряд распределения случайной величины *X*:

| *X* | 2 | 3 | 5 |
|---|---|---|---|
| *P* | 0,3 | 0,1 | 0,6 |

4. На восьми одинаковых карточках написаны, соответственно, числа 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13. Наугад берутся две карточки. Определить вероятность того, что образованная из двух полученных чисел дробь сократится.

5. Имеется три одинаковых урны, из которых в первой находится два белых и два чёрных шара, во второй и третьей – по три белых и четыре черных шара. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Найти вероятность того, что шар извлечён: а) из второй урны; б) из первой урны.

## ВАРИАНТ 20.

1. Сборщик получил 3 ящика деталей. В первом ящике 40 деталей, из них 20 окрашенных; во втором – 50, из них 10 окрашенных; в третьем – 30, из них 15 окрашенных. Найти вероятность того, что наудачу извлечённая деталь из наудачу взятого ящика окажется окрашенной.

2. Вероятность того, что студент сдаст первый экзамен, равна 0,9; второй – 0,9; третий – 0,8. Вычислить вероятность того, что, хотя-бы два экзамена будут сданы.

3. Производится два выстрела с вероятностями попадания в цель, равными $p_1 = 0{,}4;\ p_2 = 0{,}3$. а) записать ряд распределения случайной величины $X$ – общего числа попаданий при двух выстрелах; б) найти математическое ожидание общего числа попаданий при двух выстрелах; в) найти дисперсию и построить многоугольник распределения.

4. Из колоды карт (36) наудачу вынимается две карты. Найти вероятность того, что среди них одна «дама» и один «король».

5. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,6. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,7. На обоих станках изготовлено по две детали. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

**ВАРИАНТ 21.**

1. Ящик содержит 90 годных и 10 дефектных изделий. Найти вероятность того, что среди трёх наугад вынутых из ящика деталей нет дефектных.

2. Три электрические лампочки последовательно включены в цепь. Вероятность того, что одна (любая) лампочка перегорит, равна 0,6. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

3. Имеется 5 урн: в двух урнах – по 2 белых и 1 чёрному шару; в одной 10 чёрных и ещё в двух – по 3 белых и 1 чёрному шару. Найти вероятность того, что вынутый из наудачу взятой урны шар окажется белым.

4. Из колоды в 36 карт вынимается наудачу две карты. Найти вероятность того, что это шестёрка и семёрка.

5. В лотерее 100 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 25 руб.; на 5 билетов – 20 руб.; на 10 билетов – 5 руб.; на 20 билетов – 1 руб.; остальные билеты невыигрышные. Найти вероятность выигрыша не менее 5 руб. на 1 билет. Составить ряд распределения случайной величины $X$ – стоимости выигрыша на 1 билет. Найти математическое ожидание и дисперсию.

**ВАРИАНТ 22.**

1. Чему равна вероятность того, что дни рождения трёх человек придутся на разные месяцы: июнь, июль и август? Вероятности попадания дня рождения на данный месяц считаются равными для всех месяцев года.

2. Студент знает 40 вопросов из 50. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает:

а) все три вопроса; б) только два вопроса.

3. Имеются три одинаковые урны: первая содержит 1 белый и 6 чёрных шаров; вторая – 3 белых и 2 чёрных шара; третья – 7 белых и 8 чёрных шаров. Из одной урны, наудачу выбранной, вынут шар. Он оказался белым. Чему равна вероятность того, что шар вынут из первой урны?

4. Прибор, обладающий надёжностью (вероятностью безотказной работы за время $t$), равной $p = 0{,}8$, представляется недостаточно надёжным. Для повышения надёжности он дублируется ещё одним точно таким же работающим прибором. Если первый прибор за время $t$ отказал, происходит автоматическое переключение на дублирующий. Приборы отказывают независимо друг от друга. Найти вероятность того, что система из двух приборов прорабатывает безотказно время $t$.

5. Электронная аппаратура имеет три дублирующих линии. Вероятность выхода из строя каждой линии за время гарантированного срока работы аппаратуры равна 0,1. Найти закон распределения случайного числа вышедших из строя линий за время гарантийного срока, если выход из строя одной линии не зависит от рабочего состояния других линий. Найти $M(X), \sigma(X)$.

## ВАРИАНТ 23

1. При разведке медно-колчеданных месторождений в 7 из 10 случаев опознавательным признаком может служить присутствие ярозита или барита. Найти вероятность присутствия минералов хотя бы в одном из трёх месторождений.

2. Студент знает 25 вопросов из 30. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) оба вопроса; б) хотя бы один вопрос.

3. В урне $A$ белых, $B$ чёрных и $C$ красных шаров. Наугад вынимаются 3 шара. Найти вероятность того, что все вынутые шары будут разных цветов.

4. Имеется десять одинаковых урн, из которых в девяти находятся по 2 чёрных и по 2 белых шара, а в одной – 5 белых и 1 чёрный шар. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Какова вероятность того, что шар извлечён из урны, содержащей 5 белых шаров?

5. Противник стремится сорвать связь, создавая помехи в двухчастотных диапазонах со средними частотами $f_1$ и. $f_2$ С этой целью мешающий передатчик настраивается попеременно на частоты $f_1$ и $f_2$ через равные промежутки времени. Вероятность сбоя от помехи на частоте $f_1$ составляет 0,3, а на частоте $f_2$ – 0,6. Какова вероятность того, что связь будет сорвана?

## ВАРИАНТ 24

1. При установке одного пылеуловителя вероятность выброса в атмосферу вредных веществ составляет 0,8. Сколько пылеуловителей нужно поставить последовательно, чтобы сократить вероятность выбросов в 1,5 раза?

2. В круг радиуса $R$ вписан равносторонний треугольник. Какова вероятность того, что две наугад поставленные в данном круге точки окажутся внутри треугольника?

3. Из урны, содержащей 3 белых и 2 чёрных шара, переложили 1 шар в урну, содержащую 4 белых и 4 чёрных шара. Вычислить вероятность вынуть белый шар из второй урны.

4. Вероятность изделия некоторого производства оказаться доброкачественным равна 0,996. Чему равна вероятность того, что из 1000, наудачу взятых изделий, бракованных окажется ровно 5?

5. Стрелок производит три выстрела по мишени. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле равна 0,6. За каждое попадание стрелку засчитывается 3 очка. Построить ряд распределения числа выбитых очков и многоугольник распределения. Найти математическое ожидание.

## ВАРИАНТ 25

1. Для некоторой местности среднее число дождливых дней в августе равно 11. Чему равна вероятность того, что первые два дня августа будут дождливыми?

2. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,7. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,8. На первом станке изготовлено две детали, на втором – три. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

3. Два стрелка независимо один от другого стреляют по одной мишени, причём каждый из них делает по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка – 0,8, для второго – 0,4. После стрельбы в мишени обнаружена одна пробоина. Найти вероятность того, что она принадлежит первому стрелку.

4. Найти вероятность того, что из 500 посеянных семян не взойдёт 120, если всхожесть семян оценивается вероятностью 0,8.

5. Производятся последовательные испытания четырёх приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9. Найти математическое ожидание $M(X)$.

## ВАРИАНТ 26

1. Сборщик получил 2 коробки одинаковых деталей, изготовленных заводом № 1, и три коробки деталей, изготовленных заводом № 2. Вероятность того, что деталь завода № 1 стандартна, равна 0,9, а завода № 2 – 0,7. Из наудачу взятой коробки сборщик наудачу извлёк деталь. Найти вероятность того, что извлечена стандартная деталь.

2. Брошены две игральные кости. Предполагается, что все комбинации выпавших очков равновероятны. Найти условную вероятность того, что выпали две пятёрки, если известно, что сумма выпавших очков делится на 5.

3. Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,4; 0,5; 0,7. Найти вероятность того, что в результате этих трёх выстрелов в мишени будет одна пробоина.

4. ОТК проверяет детали на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что: 1) три первых проверенных изделия стандартны; 2) нестандартным окажется третье по порядку проверки изделие; 3) из трёх проверенных изделий только одно стандартно.

5. Дискретная случайная величина $X$ задана следующим рядом распределения:

| $X$ | 0 | 1 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| $P$ | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,1 |

Найти функцию распределения и построить её график. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

## ВАРИАНТ 27

1. В урне $A$ белых и $B$ черных шаров. Из урны вынимается шар, отмечается его цвет, и шар возвращается в урну. После этого из урны берётся ещё один шар. Найти вероятность того, что оба вынутые шары – белые.

2. Вероятность попасть в цель равна 0,01. Сколько нужно сделать выстрелов, чтобы иметь хотя бы одно попадание: а) с вероятностью, не меньшей 0,5; б) с вероятностью, не меньшей 0,9?

3. Вероятность рождения мальчика равна 0,51. Найти вероятность того, что из 300 родившихся детей будут 160 мальчиков.

4. Для участия в студенческих отборочных спортивных соревнованиях выделено из первой группы курса – 4, из второй – 6, из третьей – 5 студентов. Вероятности того, что студент первой, второй и третьей группы попадает в сборную института, соответственно, равны 0,5; 0,7; 0,8. Наудачу выбранный студент в итоге соревнования попал в сборную. Найти вероятность того, что он принадлежит второй группе.

5. Вероятность появления случайного события $A$ в одном испытании равна 0,6. Проведено два независимых испытания. Составить ряд распределения случайной величины $X$ – числа появлений события $A$ в двух независимых испытаниях и найти математическое ожидание и дисперсию.

## ВАРИАНТ 28

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 100 испытаниях событие появится 76 раз.

2. На обувной фабрике в отдельных цехах производятся подмётки, каблуки и верхи ботинок. Дефектными оказываются 1 % каблуков, 4 % подмёток и 5 % верхов. Произведённые каблуки, подмётки и верхи случайным образом комбинируются в цехе, где и шьются ботинки. Найти вероятность не быть испорченным одному ботинку. Какой процент ботинок будет испорченным, т. е. будет содержать дефекты?

3. По танку производятся два одиночных выстрела. Вероятность попадания при первом – 0,5, при втором – 0,8. Для вывода танка из строя достаточно двух попаданий. При одном попадании танк выходит из строя с вероятностью 0,4. Найти вероятность того, что в результате двух выстрелов танк будет выведен из строя.

4. В двух ящиках находятся детали: в первом – 10 (из них три стандартные); во втором – 15 (из них 6 стандартные). Из каждого ящика наудачу вынимают по одной детали. Найти вероятность того, что: 1) обе детали окажутся стандартными; 2) только одна из двух деталей стандартная; 3) хотя бы одна из двух деталей стандартная.

5. Случайная величина задана законом распределения:

| $X$ | 2 | 4 | 8 |
|---|---|---|---|
| $P$ | 0,1 | 0,5 | 0,4 |

Найти среднее квадратичное отклонение этой величины.

## ВАРИАНТ 29

1. Сколько нужно передать одинаковых сообщений, чтобы с вероятностью 0,9 можно было утверждать, что сообщение принято не менее одного раза правильно, если вероятность правильного приёма сообщения составляет 0,5?

2. Вероятность для изделий некоторого производства удовлетворять стандарту равна 0,96. Предполагается упрощённая схема испытаний, дающая положительный результат с вероятностью 0,98 для изделий, удовлетворяющих стандарту, и 0,05 для изделий, которые ему не удовлетворяют. Какова вероятность того, что изделие, выдержавшее испытание, удовлетворяет стандарту?

3. В студии телевидения имеется 3 телевизионные камеры. Для каждой камеры вероятность того, что она включена в данный момент, равна 0,6. Найти вероятность того, что в данный момент: а) включена хотя бы одна камера; б) включена только одна камера; в) включены все три камеры; г) выключены все камеры.

4. Имеются две партии изделий по 12 и 10 штук, причём в каждой партии по два изделия бракованных. Изделие, взятое наудачу из первой партии, переложено во вторую, после чего выбирается наудачу изделие из второй партии. Определить вероятность бракованного изделия из второй партии.

5. Найти математическое ожидание числа очков, которые могут выпасть при одном бросании игральной кости. Записать закон распределения в виде таблицы. Найти $D(X)$.

## ВАРИАНТ 30

1. Вероятность появления события *A* в каждом из независимых испытаний равна 0,64. Произведено144 испытания. Найти вероятность того, что событие *A* появится не менее 100 раз.

2. Вероятность попадания в первую мишень для данного стрелка равна 2/3. Если при первом выстреле зафиксировано попадание, то стрелок получает право на второй выстрел по другой мишени. Вероятность поражения обеих мишеней при двух выстрелах равна 0,5. Определить вероятность поражения второй мишени.

3. В урне 5 белых и 7 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут белыми.

4. В батарее из 10 орудий одно не пристрелянное. Вероятность попадания из пристрелянного орудия равна 0,73, а из не пристрелянного – 0,23. Производили один выстрел и промахнулись. Найти вероятность того, что выстрел произведён из не пристрелянного орудия.

5. Построить ряд распределения, многоугольник распределения и функцию распределения случайного числа попаданий мячом в корзину при одном броске, если вероятность попадания $p = 0,3$. Найти математическое ожидание и дисперсию.

*Задача* 6

Дискретная случайная величина *X* может принимать только два значения: $x_1$ и $x_2$, причём $x_1 < x_2$. Известны вероятность $p_1$ возможного значения $x_1$, математическое ожидание *M*(X) и дисперсия *D*(X). Найти закон распределения этой случайной величины, если:

Таблица 1

Данные для нахождения закона распределения случайной величины

| Номер варианта | $p_1$ | $M(X)$ | $D(X)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,2 | 3,8 | 0,16 |
| 2 | 0,1 | 3,9 | 0,09 |
| 3 | 0,3 | 3,7 | 0,21 |
| 4 | 0,5 | 3,5 | 0,25 |
| 5 | 0,7 | 3,3 | 0,21 |
| 6 | 0,9 | 3,1 | 0,09 |
| 7 | 0,9 | 2,2 | 0,36 |
| 8 | 0,8 | 3,2 | 0,16 |
| 9 | 0,6 | 3,4 | 0,24 |
| 10 | 0,4 | 3,6 | 0,24 |
| 11 | 0,3 | 5,4 | 0,84 |
| 12 | 0,1 | 4,8 | 0,36 |
| 13 | 0,3 | 4,1 | 1,89 |
| 14 | 0,5 | 4,5 | 2,25 |
| 15 | 0,7 | 2,9 | 1,89 |
| 16 | 0,9 | 1,4 | 1,44 |
| 17 | 0,3 | 2,4 | 0,84 |
| 18 | 0,9 | 3,3 | 0,81 |
| 19 | 0,3 | 2,7 | 0,21 |
| 20 | 0,4 | 2,2 | 0,96 |
| 21 | 0,9 | 4,1 | 0,09 |
| 22 | 0,7 | 3,9 | 1,89 |
| 23 | 0,1 | 5,8 | 0,36 |
| 24 | 0,2 | 2,6 | 0,64 |
| 25 | 0,1 | 1,9 | 0,09 |
| 26 | 0,3 | 3,1 | 1,89 |
| 27 | 0,5 | 3 | 1 |
| 28 | 0,4 | 2,6 | 0,24 |
| 29 | 0,6 | 3,2 | 2,16 |
| 30 | 0,6 | 3,6 | 3,84 |

*Задача* 7

Случайная величина $X$ задана функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$. Построить графики функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина $X$ примет значение, заключенное в интервале $(a;b)$.

Таблица 2

Данные для выполнения задачи 7

| Номер варианта | Функция $F(x)$ | Номер варианта | Функция $F(x)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{3}{4}\pi \\ \cos 2x, & \frac{3}{4}\pi < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{3}{4}\pi;\ \frac{5}{6}\pi\right)$ | 2 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^2, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$ |
| 3 | $\begin{cases} 0, & \\ \frac{x^2 - x}{2}, & \text{при } 1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1{,}5;\ 1{,}8)$ | 4 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^3, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$ |
| 5 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 3x^2 + 2x, & \text{при } 0 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(\frac{1}{5};\ \frac{1}{4}\right)$ | 6 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 2 \\ 0{,}5x - 1, & \text{при } 2 < x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 3)$ |
| 7 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{1}{9}x^2, & \text{при } 0 < x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ | 8 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{4}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $(1;\ 2)$ | | $(1;\ 2)$ |
| 9 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -\dfrac{\pi}{2} \\ \cos x, & -\dfrac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$<br>$\left(-\dfrac{\pi}{3};\ -\dfrac{\pi}{6}\right)$ | 10 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 2\sin x, & 0 < x \le \dfrac{\pi}{6} \\ 1, & \text{при } x > \dfrac{\pi}{6} \end{cases}$<br>$\left(\dfrac{\pi}{12};\ \dfrac{\pi}{6}\right)$ |
| 11 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -2 \\ \dfrac{x+2}{4}, & \text{при } -2 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$<br>$(-1;\ 1)$ | 12 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\dfrac{\pi}{2} \\ \dfrac{1+\sin x}{2}, & -\dfrac{\pi}{2} \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$<br>$\left(-\dfrac{\pi}{4};\ \dfrac{\pi}{4}\right)$ |
| 13 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1-\cos x}{2}, & 0 \le x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$<br>$\left(\dfrac{\pi}{4};\ \dfrac{\pi}{3}\right)$ | 14 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \dfrac{x^2}{25}, & \text{при } 0 < x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$<br>$(4;\ 5)$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x<-1 \\ \frac{3}{4}(x+1), & -1<x\le\frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x>\frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$ | 16 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le 0 \\ \sin 2x, & 0<x\le\frac{\pi}{4} \\ 1, & \text{при } x>\frac{\pi}{4} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$ |
| 17 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le 0 \\ 1-\cos x, & 0<x\le\frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x>\frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{6};\ \frac{\pi}{3}\right)$ | 18 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le -1 \\ \frac{x+1}{3}, & \text{при } -1<x\le 2 \\ 1, & \text{при } x>2 \end{cases}$ $(0{,}5;\ 1{,}5)$ |
| 19 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le 0 \\ \frac{x^2}{36}, & \text{при } 0<x\le 6 \\ 1, & \text{при } x>6 \end{cases}$ $(2;\ 4)$ | 20 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le 0 \\ \frac{x^2}{100}, & \text{при } 0<x\le 10 \\ 1, & \text{при } x>10 \end{cases}$ $(5;10)$ |
| 21 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x\le -1 \\ \frac{x+1}{2}, & \text{при } -1<x\le 1 \\ 1, & \text{при } x>1 \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$ | 22 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x<1 \\ \frac{x-1}{2}, & \text{при } 1\le x\le 3 \\ 1, & \text{при } x>3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 23 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^3}{8}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1; 2)$ | 24 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{3}x, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ |
| 25 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{4}x, & \text{при } 0 \le x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1; 2)$ | 26 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{5}x, & \text{при } 0 \le x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(1; 3)$ |
| 27 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin x, & 0 \le x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(0; \frac{\pi}{3}\right)$ | 28 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \cos 3x, & -\frac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3}; 0\right)$ |
| 29 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{\pi}{2} \\ -\cos x, & \frac{\pi}{2} < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{4}\right)$ | 30 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^3}{27}, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ |

*Задача 8*

Найти вероятность того, что в $n$ независимых испытаниях событие $A$ повторяется:

а) ровно $k$ раз; б) не менее $k$ раз; в) не более $k$ раз; г) хотя бы один раз, зная, что в каждом испытании вероятность появления события $A$ равна $p$.

Таблица 3

Данные для выполнения задачи 8

| Номер варианта | *n* | *k* | *p* | Номер варианта | *n* | *k* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 3 | 0,7 | 2 | 7 | 2 | 0,2 |
| 3 | 6 | 4 | 0,2 | 4 | 5 | 3 | 0,1 |
| 5 | 4 | 3 | 0,7 | 6 | 6 | 4 | 0,1 |
| 7 | 5 | 4 | 0,5 | 8 | 6 | 2 | 0,8 |
| 9 | 4 | 3 | 0,8 | 10 | 3 | 2 | 0,8 |
| 11 | 4 | 2 | 0,9 | 12 | 4 | 2 | 0,8 |
| 13 | 5 | 2 | 0,7 | 14 | 5 | 3 | 0,6 |
| 15 | 4 | 2 | 0,5 | 16 | 4 | 3 | 0,4 |
| 17 | 5 | 2 | 0,3 | 18 | 5 | 3 | 0,4 |
| 19 | 4 | 2 | 0,3 | 20 | 4 | 3 | 0,2 |
| 21 | 5 | 2 | 0,1 | 22 | 5 | 2 | 0,2 |
| 23 | 4 | 3 | 0,3 | 24 | 3 | 2 | 0,4 |
| 25 | 5 | 3 | 0,5 | 26 | 6 | 3 | 0,6 |
| 27 | 4 | 2 | 0,7 | 28 | 5 | 4 | 0,8 |
| 29 | 6 | 4 | 0,9 | 30 | 6 | 5 | 0,1 |

*Задача* 9

Известны математическое ожидание $a$ и среднеквадратичное отклонение $\sigma$ нормально распределённой величины $X$. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал $(\alpha, \beta)$.

Таблица 4

Данные для выполнения задачи 9

| Номер варианта | *a* | σ | α | β | Номер варианта | *a* | σ | α | β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 2 | 10 | 4 | 2 | 13 |
| 3 | 9 | 5 | 5 | 14 | 4 | 8 | 1 | 4 | 9 |
| 5 | 7 | 2 | 3 | 10 | 6 | 6 | 3 | 2 | 11 |
| 7 | 5 | 1 | 1 | 12 | 8 | 4 | 5 | 2 | 11 |
| 9 | 3 | 2 | 3 | 10 | 10 | 2 | 5 | 4 | 9 |
| 11 | 2 | 2 | 1 | 5 | 12 | 3 | 2 | 2 | 6 |
| 13 | 4 | 3 | 3 | 7 | 14 | 7 | 3 | 4 | 8 |
| 15 | 6 | 3 | 5 | 9 | 16 | 4 | 1 | 1 | 5 |
| 17 | 4 | 2 | 2 | 6 | 18 | 5 | 2 | 3 | 7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 5 | 3 | 4 | 8 | 20 | 6 | 3 | 5 | 9 |
| 21 | 3 | 4 | 6 | 10 | 22 | 5 | 3 | 5 | 9 |
| 23 | 2 | 2 | 4 | 6 | 24 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| 25 | 7 | 2 | 3 | 13 | 26 | 9 | 5 | 7 | 14 |
| 27 | 6 | 2 | 2 | 12 | 28 | 2 | 2 | 4 | 7 |
| 29 | 8 | 4 | 4 | 13 | 30 | 6 | 3 | 2 | 12 |

Исходные данные к расчётным задачам 10 – 15 приведены в таблице 5 после всех задач.

*Задача* 10

Бросаются две игральные кости. Определить вероятность того, что: а) сумма числа очков не превосходит *n*; б) произведение числа очков не превосходит *n*; в) произведение числа очков делится на *n*.

*Задача* 11

Среди *n* лотерейных билетов *k* выигрышных. Наудачу взяли *m* билетов. Определить вероятность того, что среди них *l* выигрышных.

*Задача* 12

В лифт *k*-этажного дома вошли *n* пассажиров ($n < k$). Каждый независимо от других с одинаковой вероятностью может выйти на любом (начиная со второго) этаже. Определить вероятности того, что: а) все пассажиры выйдут одновременно на одном и том же этаже; б) все вышли на разных этажах.

*Задача* 13

В круге радиуса *R* наудачу появляется точка. Определить вероятность того, что она попадает в одну из двух непересекающихся фигур, площади которых равны $S_1$ и $S_2$.

*Задача* 14

Вероятность того, что цель поражена при одном выстреле первым стрелком $p_1$, вторым – $p_2$. Первый сделал $n_1$, второй – $n_2$ выстрелов. Определить вероятность того, что цель не поражена.

*Задача* 15

Два игрока поочередно бросают монету. Выигравшим считается тот, у кого раньше выпадет герб. Первый бросок делает игрок *A*, второй – *B*, третий *A* и т. д.

Найти вероятность указанного ниже события.

Варианты 1 – 8. Выиграл *A* до *k*-ого броска.

Варианты 9 – 15. Выиграл не позднее *k*-ого броска.

Варианты 16 – 23. Выиграл *B* до *k*-ого броска.

Варианты 24 – 30. Выиграл *B* не позднее *k*-ого броска.

*Задача* 16

Дана плотность распределения $f(x)$ случайной величины $X$. Найти параметр $\gamma$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины $X$, вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Варианты $1-8$: $f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{\gamma-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $9-16$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in[\gamma;b],\\ 0, & x\overline{\in}[\gamma;b].\end{cases}$

Варианты $17-24$: $f(x)=\begin{cases}\gamma, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $25-30$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right],\\ 0, & x\overline{\in}\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right].\end{cases}$

*Указание*

Использовать формулы равномерного распределения.

*Задача* 17

Плотность распределения вероятностей случайной величины $X$ имеет вид $F(x)=\gamma e^{ax^2+bx+c}$. Найти $\gamma$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины $X$, вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

*Указание*

Использовать формулы для нормального распределения.

*Задача* 18

Дана плотность распределения случайной величины $X$. Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины $Y$, которая представляет собой площадь одной из указанных ниже геометрических фигур.

Варианты 1 –15:

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{b-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 1 – 5: $Y$ – площадь равностороннего треугольника со стороной $x$;

в вариантах 6 – 10: $Y$ – площадь круга радиуса $x$;

в вариантах 11 – 15: $Y$ – площадь квадрата со стороной $x$.

Варианты 16 – 30:

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 16 – 20: $Y$ – площадь равностороннего треугольника со стороной $x$;

в вариантах 21– 25: $Y$ – площадь круга радиуса $x$;

в вариантах 26 – 30: $Y$ – площадь квадрата со стороной $x$.

Таблица 5

Исходные данные к расчётным задачам

| Номер варианта | Задача 10 | Задача 11 | | | | Задача 12 | | Задача 13 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n$ | $n$ | $l$ | $m$ | $k$ | $k$ | $n$ | $R$ | $S_1$ | $S_2$ |
| 1 | 3 | 10 | 2 | 4 | 6 | 6 | 4 | 11 | 2,25 | 3,52 |
| 2 | 4 | 10 | 2 | 3 | 6 | 7 | 4 | 12 | 2,37 | 3,52 |
| 3 | 5 | 10 | 3 | 5 | 7 | 8 | 5 | 13 | 2,49 | 3,52 |
| 4 | 6 | 10 | 3 | 5 | 6 | 9 | 5 | 14 | 2,55 | 1,57 |
| 5 | 7 | 11 | 2 | 5 | 7 | 10 | 6 | 11 | 2,27 | 5,57 |
| 6 | 8 | 11 | 3 | 4 | 8 | 11 | 4 | 12 | 2,39 | 5,57 |
| 7 | 9 | 11 | 3 | 5 | 7 | 12 | 4 | 13 | 2,51 | 1,57 |
| 8 | 10 | 12 | 3 | 8 | 5 | 13 | 3 | 14 | 2,57 | 3,52 |
| 9 | 3 | 12 | 2 | 8 | 3 | 14 | 3 | 11 | 2,29 | 3,52 |
| 10 | 4 | 12 | 2 | 5 | 4 | 13 | 4 | 12 | 2,41 | 3,52 |
| 11 | 5 | 9 | 2 | 4 | 6 | 12 | 3 | 13 | 2,53 | 3,52 |
| 12 | 6 | 9 | 3 | 5 | 6 | 11 | 3 | 14 | 2,59 | 5,57 |
| 13 | 7 | 9 | 2 | 3 | 7 | 10 | 4 | 15 | 2,5 | 8,7 |
| 14 | 8 | 8 | 2 | 4 | 5 | 9 | 4 | 16 | 2,6 | 8,5 |
| 15 | 9 | 8 | 2 | 5 | 4 | 8 | 3 | 11 | 2,2 | 3,5 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 10 | 8 | 3 | 4 | 5 | 7 | 3 | 12 | 2,4 | 3,5 |
| 17 | 11 | 10 | 4 | 6 | 5 | 6 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |
| 18 | 12 | 10 | 5 | 7 | 7 | 7 | 4 | 14 | 2,6 | 1,8 |
| 19 | 13 | 10 | 4 | 6 | 7 | 8 | 5 | 15 | 2,7 | 7,9 |
| 20 | 14 | 12 | 4 | 8 | 6 | 9 | 5 | 16 | 2,7 | 8,2 |
| 21 | 15 | 8 | 2 | 3 | 4 | 10 | 6 | 11 | 2,3 | 3,5 |
| 22 | 16 | 8 | 2 | 3 | 5 | 11 | 4 | 12 | 2,4 | 3,5 |
| 23 | 17 | 8 | 2 | 4 | 3 | 12 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |
| 24 | 18 | 8 | 3 | 5 | 4 | 13 | 3 | 14 | 2,6 | 5,6 |
| 25 | 19 | 8 | 1 | 4 | 2 | 14 | 3 | 15 | 2,5 | 8,7 |
| 26 | 20 | 9 | 2 | 3 | 5 | 12 | 3 | 11 | 2,3 | 5,6 |
| 27 | 3 | 9 | 3 | 4 | 4 | 11 | 3 | 12 | 2,4 | 5,6 |
| 28 | 4 | 9 | 2 | 6 | 3 | 10 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |
| 29 | 5 | 9 | 4 | 5 | 5 | 9 | 4 | 14 | 2,6 | 5,6 |
| 30 | 6 | 9 | 3 | 5 | 4 | 8 | 3 | 15 | 2,7 | 7,9 |

В первой горизонтальной строке указаны номера задач; в левом столбце – номера вариантов.

Таблица 6

Исходные данные к расчётным задачам

| Номер варианта | Задача 14 | | | | Зад. 15 | Задача 16 | | | | Задача 17 | | | | | Задача 18 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p_1$ | $p_2$ | $n_1$ | $n_2$ | $k$ | $a$ | $b$ | $x_1$ | $x_2$ | $a$ | $b$ | $\boldsymbol{c}$ | $x_1$ | $x_2$ | $a$ | $b$ |
| 1 | 0,61 | 0,55 | 2 | 3 | 4 | 2,5 | 4 | 3 | 3,3 | -2 | 8 | -2 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 2 | 0,62 | 0,54 | 3 | 2 | 5 | 1,5 | 3 | 2 | 2,6 | -2 | 4/3 | -2/3 | 1/3 | 2/3 | 1 | 2 |
| 3 | 0,63 | 0,53 | 2 | 3 | 6 | 1,5 | 2,5 | 2 | 2,3 | -2 | -8 | 2 | -3/2 | -1 | 2 | 3 |
| 4 | 0,64 | 0,52 | 3 | 2 | 7 | 1 | 3,5 | 2 | 2,8 | -4 | 6 | 2 | 0 | 3/4 | 2 | 4 |
| 5 | 0,65 | 0,51 | 2 | 3 | 8 | -1 | 2 | -0,7 | 1,1 | -3 | 3 | -2 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 6 | 0,66 | 0,49 | 3 | 2 | 9 | -2 | 1 | -1,5 | 0,3 | -4 | -6 | -2 | -3/4 | 1/4 | 0 | 2 |
| 7 | 0,67 | 0,48 | 2 | 3 | 10 | -3 | 5 | -2 | 2 | -3 | -3 | 2 | -1/2 | 3/2 | 1 | 3 |
| 8 | 0,68 | 0,43 | 3 | 2 | 11 | -1,5 | 2,5 | -1 | 0 | -3 | -4 | 2 | 1/3 | 4/3 | 2 | 4 |
| 9 | 0,69 | 0,46 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1,8 | 1,3 | 1,6 | -2 | -4/3 | 2/3 | -1/3 | 2/3 | 3 | 5 |
| 10 | 0,71 | 0,45 | 3 | 2 | 5 | 1 | 2,4 | 1,5 | 2 | -3 | 4 | -2 | -1/3 | 5/3 | 4 | 6 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 0,72 | 0,44 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3,5 | 2,5 | 3 | -2 | 8 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 12 | 0,73 | 0,43 | 3 | 2 | 7 | 2 | 2,8 | 2,1 | 2,5 | -2 | 1,3 | 0 | 1/3 | 2/3 | 1 | 2 |
| 13 | 0,74 | 0,42 | 2 | 3 | 8 | 1 | 2,8 | -1 | 3 | -2 | -8 | 0 | -3/2 | -1 | 2 | 3 |
| 14 | 0,75 | 0,41 | 3 | 2 | 9 | 1 | 2,6 | 1,5 | 3 | -4 | 6 | 0 | 0 | 3/4 | 2 | 4 |
| 15 | 0,76 | 0,39 | 2 | 3 | 10 | 2 | 3 | 1 | 3 | -3 | 3 | 0 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 16 | 0,77 | 0,38 | 3 | 2 | 12 | 2 | 4,8 | 4,5 | 5 | -4 | -6 | 0 | -3/4 | 1/4 | 0 | 2 |
| 17 | 0,78 | 0,37 | 2 | 3 | 5 | -4 | -2 | -1 | 0 | -3 | -3 | 0 | -1/2 | 3/2 | 1 | 3 |
| 18 | 0,39 | 0,45 | 3 | 2 | 6 | -3 | -1 | -2 | 0 | -3 | -4 | 0 | 1/3 | 4/3 | 2 | 4 |
| 19 | 0,38 | 0,46 | 2 | 3 | 7 | 2 | 4 | 0 | 3 | -2 | -4/3 | 0 | -1/3 | 2/3 | 3 | 5 |
| 20 | 0,37 | 0,47 | 3 | 2 | 8 | 1 | 3 | 0 | 2 | -3 | 4 | 0 | -1/3 | 5/3 | 4 | 6 |
| 21 | 0,36 | 0,48 | 2 | 3 | 9 | 1 | 1,5 | 0 | 0,5 | -2 | 8 | -1 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 22 | 0,35 | 0,49 | 3 | 2 | 10 | -1 | 1,5 | 0 | 1 | -4 | 6 | 1 | 0 | 3/4 | 1 | 2 |
| 23 | 0,34 | 0,51 | 2 | 3 | 11 | -1,5 | -1 | -1 | 2 | -2 | -8 | -1 | -3/2 | -1 | 3 | 4 |
| 24 | 0,33 | 0,52 | 3 | 2 | 4 | -1,5 | 1 | -1 | 1 | -4 | -6 | -1 | -3/4 | 1/4 | 2 | 4 |
| 25 | 0,32 | 0,53 | 2 | 3 | 5 | 0,5 | 1 | 0 | 3 | -3 | 3 | -1 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 26 | 0,31 | 0,54 | 3 | 2 | 6 | 0,2 | 2 | 0 | 4 | -3 | -4 | 1 | 1/3 | 4/3 | 3 | 4 |
| 27 | 0,29 | 0,55 | 2 | 3 | 7 | 0,5 | 3 | 0 | 0,5 | -3 | -3 | 1 | -1/2 | 3/2 | 0 | 2 |
| 28 | 0,28 | 0,56 | 3 | 2 | 8 | 0,4 | 4 | 1 | 5 | -3 | 4 | -1 | -1/3 | 5/3 | 1 | 3 |
| 29 | 0,27 | 0,57 | 2 | 3 | 9 | 1/4 | 1 | 0 | 3 | -2 | -4/3 | 1/3 | -1/3 | 2/3 | 2 | 4 |
| 30 | 0,26 | 0,58 | 3 | 2 | 10 | 0,02 | 2 | 0 | 3 | -2 | 4/3 | -1/3 | 1/3 | 2/3 | 3 | 5 |

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы №1**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Институт геологии и геофизики

Кафедра математики

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
«Математика»

по разделу:

# ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА

**Преподаватель:**
доц., к. ф.-м. н. Власова Л.В.
**Студент** гр. ГСД-22-1
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2022

**Образец оформления титульного листа контрольной работы №2**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Институт геологии и геофизики

Кафедра математики

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

по дисциплине
«Математика»

по разделу:

# ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

**Преподаватель:**
доц., к. ф.-м. н. Власова Л.В.
**Студент** гр. ГСД-22-1
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2022

**Образец оформления титульного листа контрольной работы №3**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Институт геологии и геофизики

Кафедра математики

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

по дисциплине
«Математика»

по разделу:

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

**Преподаватель:**
доц., к. ф.-м. н. Власова Л.В.
**Студент** гр. ГСД-21-1
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2022

**Образец оформления титульного листа контрольной работы №4**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Институт геологии и геофизики

Кафедра математики

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4

по дисциплине
«Математика»

по разделу:

# ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

**Преподаватель:**
доц., к. ф.-м. н. Власова Л.В.
**Студент** гр. ГСД-21-1
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2022

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

## Б1.О.06 МАТЕМАТИКА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Власова Л.В., доцент, к.ф.-м.н.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Математики | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Сурнев В.Б. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 19.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……...…..…6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……...16

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……25

ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ЗАДАЧ И ЗАДАНИЙ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ…….….29

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...….…....31

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……....32

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Математика*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольных работ* и сдаче *зачетов* и *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Математика*» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим занятиям (в т. ч. подготовка к опросу и к решению разноуровневых задач и заданий);
- подготовка контрольных работ;
- подготовка к зачетам и экзамену (в том числе к тестированию).

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

## Раздел 1. ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА

### Тема 1.1. Матрицы, определители.

1. Что такое матрица?
2. Назовите понятия единичной и обратной матриц.
3. Какие операции производят с матрицами?
4. Что такое ранг матрицы?

### Тема 1.2. Системы линейных алгебраических уравнений.

1. Опишите матричный метод решения систем линейных алгебраических уравнений.
2. Опишите метод Крамера для решения однородных и неоднородных систем линейных алгебраических уравнений.
3. Что представляет собой метод Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений?
4. Назовите критерий совместности произвольной системы линейных алгебраических уравнений.

### Тема 1.3. Векторы

1. Что такое вектор?
2. Как находятся модуль и направляющие косинусы вектора?
3. Что представляет собой скалярное произведение векторов и его свойства?
4. Что представляет собой векторное произведение векторов и его свойства?
5. Объясните геометрическую и физическую интерпретацию скалярного произведения векторов.
6. Объясните геометрическую и физическую интерпретацию векторного произведения векторов.
7. Что представляет собой смешанное произведение векторов и его геометрический смысл?
8. Каково условие компланарности трех векторов?

## Раздел 2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ

### Тема 2.1. Аналитическая геометрия на плоскости.

1. Какие способы задания прямой на плоскости вам известны?

2. Как находится угол между прямыми на плоскости?
3. Каковы условия параллельности и перпендикулярности двух прямых на плоскости?
4. Как находится расстояние от точки до прямой на плоскости?
5. Какие кривые второго порядка вы знаете?
6. Напишите вывод канонического уравнения окружности и объясните ее построение.
7. Напишите вывод канонического уравнения эллипса и объясните его построение.
8. Напишите вывод канонического уравнения гиперболы и объясните ее построение.
9. Напишите вывод канонического уравнения параболы и объясните ее построение.

### Тема 2.2. Аналитическая геометрия в пространстве.

1. Какие способы задания плоскости вам известны?
2. Как находится угол между плоскостями?
3. Каковы условия параллельности и перпендикулярности двух плоскостей?
4. Как находится расстояние от точки до плоскости?
5. Какие вы знаете способы задания прямой в пространстве?
6. Как находится угол между прямыми в пространстве?
7. Каковы условия параллельности и перпендикулярности двух прямых в пространстве?
8. Как находится угол между прямой и плоскостью?
9. Как найти пересечение прямой и плоскости?
10. Что представляет собой метод параллельных сечений для построения поверхностей второго порядка?

## Раздел 3. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### Тема 3.1. Множества, функции.

1. Что представляют собой понятие множества?
2. Какие операции над множествами вы знаете?
3. Назовите наиболее часто встречающиеся числовые множества.
4. Какие числа называются комплексными?
5. Опишите алгебраические действия с комплексными числами.
6. Назовите различные формы комплексного числа и опишите переходы между ними.

7. Как производится возведение комплексных чисел в степень и извлечение корней из них?
8. Что такое функция?
9. Какие способы задания функции вы знаете?
10. Что такое обратная функция?
11. Что представляют собой сложная функция?
12. Какие функции называются четными, нечетными, периодическими?
13. Опишите свойства основных элементарных функций.

### Тема 3.2. Теория пределов. Непрерывность функции.

1. Что представляют собой числовая последовательность?
2. Что такое предел последовательности?
3. Какие последовательности называются бесконечно малой и бесконечно большой?
4. Назовите свойства сходящихся последовательностей.
5. Дайте два определения предела функции в точке.
6. Как определяется предел функции в бесконечности?
7. Что такое односторонние пределы?
8. Какие арифметические действия возможны с пределами функций?
9. Что представляют собой первый и второй замечательные пределы?
10. Что такое бесконечно малая и бесконечно большая функции?
11. Назовите свойства бесконечно малых функций.
12. Дайте три определения непрерывности функции в точке.
13. Назовите свойства непрерывных функций.
14. Непрерывны ли элементарные функции?
15. Что представляют собой точки разрыва функции?
16. Какова классификация точек разрыва функции?

## Раздел 4. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЕ К ИССЛЕДОВАНИЮ ФУНКЦИЙ И ПОСТРОЕНИЮ ГРАФИКОВ

### Тема 4.1. Производная функции

1. Дайте определение производной.
2. Объясните механический смысл производной.
3. Объясните геометрический смысл производной.
4. Каковы уравнения касательной и нормали к кривой?
5. Что представляют собой дифференцируемость функции?
6. Существует ли связь между непрерывностью и дифференцируемостью?
7. Что такое дифференциал и каков его геометрический смысл?
8. Что представляют собой производные высших порядков?

### Тема 4.2. Приложения производной функции одной переменной

1. Что представляют собой теорема Ферма и ее геометрический смысл?
2. Что представляют собой теорема Ролля и ее геометрический смысл?
3. Что представляют собой теорема Лагранжа и ее геометрический смысл?
4. Каково правило Лопиталя и условия его применения?
5. Назовите признаки возрастания и убывания функции.
6. Что представляют собой максимум и минимум функции?
7. Каково необходимое условие экстремума функции? Что такое критические точки функции?
8. Назовите достаточные условия экстремума.
9. Что представляют собой теоремы Вейерштрасса?
10. Как находятся наименьшее и наибольшее значения функции на отрезке?
11. Что такое выпуклость и вогнутость кривой?
12. Назовите достаточное условие выпуклости (вогнутости) графика функции.
13. Что представляют собой точки перегиба?
14. Каковы необходимое и достаточное условия существования точек перегиба?
15. Что такое асимптоты графика функции?
16. Запишите уравнения вертикальной и наклонной асимптот.

## Раздел 5. ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

### Тема 5.1. Неопределенный интеграл

1. Что представляют собой первообразная и неопределенный интеграл?
2. Какие свойства неопределенного интеграла вам известны?
3. Какие методы интегрирования вы знаете?
4. Что представляют собой непосредственное интегрирование?
5. Что представляют собой метод замены переменной в неопределенном интеграле?
6. Что представляют собой интегрирование по частям?
7. Как происходит интегрирование рациональных функций?
8. Как происходит интегрирование тригонометрических функций?
9. Как происходит интегрирование иррациональных функций?

### Тема 5.2. Определенный и несобственный интегралы и их приложения

1. Какие задачи привели к понятию определенного интеграла?
2. Назовите основные свойства определенного интеграла.
3. Назовите особенности применения формулы Ньютона-Лейбница при замене переменных и интегрировании по частям.

4. Что представляют собой несобственные интегралы по бесконечному промежутку?
5. Что представляют собой несобственные интегралы от функции, имеющей разрывы?
6. Какие признаки сходимости несобственных интегралов вы знаете?
7. Какие геометрические и физические приложения определенных и несобственных интегралов вам известны?

## Раздел 6. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

### Тема 6.1. Понятие функции нескольких переменных.

1. Как определяется функция двух и более переменных? Каковы **с**пособы ее задания?
2. Как строятся линии и поверхности уровня?
3. Назовите свойства функций нескольких переменных, непрерывных в замкнутой области.

### Тема 6.2. Дифференцирование функции нескольких переменных.

1. Что такое частные производные и как они находятся?
2. Как найти полный дифференциал функций нескольких переменных?
3. Чем отличается неявное задание функции и можно ли при этом найти ее производные?
4. Как находится производная по направлению?
5. Что определяет градиент функции нескольких переменных?
6. Напишите уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности.

### Тема 6.3. Экстремум функции нескольких переменных.

1. Чем отличаются локальные экстремумы от глобальных? Как находятся те и другие экстремумы?
2. В чем особенность условных экстремумов функции нескольких переменных?

## Раздел 7. ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

### Тема 7.1. Дифференциальные уравнения первого порядка.

1. Какое уравнение называется дифференциальным? Какие типы дифференциальных уравнений вы знаете?
2. В чем разница общего и частного решения дифференциального уравнения?
3. Что входит в задачу Коши для дифференциального уравнения?
4. Как определяется дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными? Какова схема его решения?
5. Как определяется однородное дифференциальное уравнение первого порядка? Какова схема его решения?
6. Как определяется линейное дифференциальное уравнение первого порядка? Какова схема его решения?

### Тема 7.2. Дифференциальные уравнения второго и высших порядков

1. Как выглядит задача Коши для дифференциального уравнения второго порядка?
2. Какие дифференциальные уравнения второго порядка можно решить понижением их порядка?
3. Какова структура общего решения неоднородного линейного дифференциального уравнения второго порядка?
4. Как решаются линейные однородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами? В чем смысл их характеристического уравнения?
5. Как находится решение неоднородных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и правой частью специального вида?
6. Как решаются системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами?

## Раздел 8. ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

### Тема 8.1. Двойной и тройной интегралы

1. Какие задачи привели к понятию двойного интеграла?
2. Назовите основные свойства двойного интеграла.
3. Как находится двойной интеграл в прямоугольных координатах?
4. Как находится двойной интеграл в полярных координатах?
5. Какие приложения двойного интеграла вам известны?
6. Какие задачи привели к понятию тройного интеграла?

7. Назовите основные свойства тройного интеграла.
8. Как находится тройной интеграл в прямоугольных координатах?
9. Как находится тройной интеграл в цилиндрических координатах?
10. Как находится тройной интеграл в сферических координатах?
11. Какие приложения тройного интеграла вам известны?

### Тема 8.2. Криволинейные интегралы.

1. Как определяется криволинейный интеграл I рода?
2. Назовите основные свойства криволинейного интеграла I рода.
3. Как находится криволинейный интеграл I рода?
4. Какие приложения криволинейного интеграла I рода вам известны?
5. Как определяется криволинейный интеграл II рода?
6. Назовите основные свойства криволинейного интеграла II рода.
7. Как находится криволинейный интеграл II рода?
8. Какие приложения криволинейного интеграла II рода вам известны?
9. Что представляет собой формула Грина?
10. Назовите условие независимости криволинейного интеграла II рода от пути интегрирования.

## Раздел 9. ЧИСЛОВЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЯДЫ. РЯДЫ ФУРЬЕ

### Тема 9.1. Числовые ряды.

1. Что представляет собой понятие числового ряда, его сходимости и суммы?
2. Каковы свойства сходящихся рядов?
3. Назовите необходимый признак сходимости числового ряда.
4. Знаете ли вы достаточные признаки сходимости рядов с положительными членами?
5. Что представляет собой признак Лейбница для знакочередующихся рядов?
6. Как исследуется сходимость знакопеременных рядов?
7. Чем отличается условная сходимость ряда от его абсолютной сходимости?

### Тема 9.2. Функциональные ряды.

1. Назовите понятие функционального ряда, его точки сходимости и области сходимости.
2. Как находится интервал и радиус сходимости степенного ряда?
3. Знаете ли вы свойства степенных рядов?

4. Как раскладываются функции в ряды Тейлора-Маклорена?
5. Назовите приложения степенных рядов к приближенным вычислениям.

### Тема 9.3. Ряды Фурье.

1. Что такое ортогональные функции и системы ортогональных функций?
2. Что представляет собой разложение функции в ряд Фурье по основной тригонометрической системе?
3. Что представляет собой разложение функции в ряд Фурье по системам синусов и косинусов?
4. Каковы особенности разложение периодической функции в ряд Фурье?

## Раздел 10. ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ. ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

### Тема 10.1. Дифференцирование функции комплексной переменной.

1. Назовите понятие и геометрический смысл функции комплексной переменной.
2. Какие элементарные функции комплексной переменной вы знаете?
3. Как определяется производная функции комплексной переменной и каковы необходимые и достаточные условия дифференцируемости такой функции?
4. Что представляет собой понятие аналитичности функции комплексной переменной? Назовите условия Коши-Римана.

### Тема 10.2. Интегрирование функции комплексной переменной.

1. Как определяется и как вычисляется интеграл от функции комплексной переменной? Каковы его свойства?
2. Назовите основную теорему Коши для односвязной и многосвязной областей.
3. В чем особенность вычисления интеграла от аналитической функции комплексной переменной?
4. Что такое особые точки функции комплексной переменной? Как определяется и находится вычет функции в особой точке?
5. Назовите основную теорему Коши о вычетах.
6. Какие приложения вычетов вы знаете?

### Тема 10.3. Операционное исчисление.

1. Назовите понятия оригинала и изображения.
2. Что представляет собой преобразование Лапласа?
3. Как находятся изображения функций?
4. Как найти оригинал по изображению?
5. Как изображаются производные функций-оригиналов?
6. Как применяется операционное исчисление к решению дифференциальных уравнений?

## Раздел 11. МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Какие методы приближенного решения алгебраических равнений вам известны?
2. Что представляет собой интерполирование функций?
3. Знаете ли вы методы приближенного вычисления определенных интегралов?
4. Какие методы приближенного решения дифференциальных уравнений вам известны?

## Раздел 12. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

### Тема 12.1. Случайные события.

1. Каковы основные понятия теории вероятностей?
2. Дайте классическое, статистическое и геометрическое определение вероятности.
3. Запишите основные формулы теории вероятностей.
4. Что такое условная вероятность?
5. Запишите формулы вероятности суммы и произведения событий.
6. Какова вероятность противоположного события?
7. Запишите формулу полной вероятности и формулу Байесса.
8. Что представляют собой последовательность независимых испытаний?
9. Запишите формулу Бернулли.
10. Каково наивероятнейшее число наступления события?
11. Когда применимы теоремы Муавра-Лапласа и формула Пуассона?

### Тема 12.2. Случайные величины.

1. Что представляют собой случайные величины и функции распределения?
2. Что такое ряд распределения и многоугольник распределения?
3. Назовите свойства функции распределения и плотности распределения.
4. Какие распределения случайных величин вы знаете?

5. Что представляют собой числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, мода и медиана?
6. Назовите свойства математического ожидания и дисперсии.
7. Приведите числовые характеристики известных вам распределений.
8. Каков закон распределения двумерной случайной величины?
9. Как находятся числовые характеристики системы двух случайных величин?
10. Что такое линия регрессии и как она строится?

**Тема 12.3. Элементы математической статистики.**

1. Назовите закон больших чисел и центральную предельную теорему.
2. Что такое выборка? Какие типы выборок вы знаете?
3. Назовите определения дискретного и интервального статистических рядов.
4. Что такое эмпирическая функция распределения?
5. Как строятся полигон и гистограмма?
6. Каковы числовые характеристики выборки?
7. Что вам известно о точечных и интервальных оценках?
8. Что такое доверительный интервал и как его найти?
9. Что представляет собой статистическая гипотеза и как она проверяется?
10. Какие вы знаете критерии согласия?

# ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## Раздел 1. ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА

### Тема 1.1. Матрицы, определители.

Матрица.
Транспонирование.
Основные операции.
Определитель.
Основные свойства.
Минор.
Алгебраическое дополнение.
Обратная матрица.
Ранг матрицы.

### Тема 1.2. Системы линейных алгебраических уравнений.

Системы линейных алгебраических уравнений.
Матричная запись.
Критерий Кронекера-Капелли.
Матричный метод.
Метод Крамера.
Метод Гаусса.
Однородные системы.

### Тема 1.3. Векторы

Вектор.
Модуль вектора.
Коллинеарность векторов.
Равенство векторов.
Единичный вектор.
Орт вектора.
Линейные операции.
Прямоугольная система координат.
Координаты вектора.
Скалярное произведение.
Перпендикулярность векторов.
Векторное произведение.
Смешанное произведение.
Компланарность векторов.

## Раздел 2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ

### Тема 2.1. Аналитическая геометрия на плоскости.

Линия на плоскости.
Уравнение линии.
Алгебраические линии.
Прямая линия.
Общее уравнение.
Угловой коэффициент.
Угол между прямыми.
Параллельность.
Перпендикулярность.
Расстояние от точки.
Окружность.
Эллипс.
Гипербола.
Парабола.
Канонические уравнения.
Полуоси.
Фокусы.
Эксцентриситет.

### Тема 2.2. Аналитическая геометрия в пространстве.

Уравнение поверхности.
Линия в пространстве.
Плоскость.
Общее уравнение.
Угол между плоскостями.
Параллельность.
Перпендикулярность.
Расстояние от точки.
Прямая в пространстве.
Канонические уравнения.
Параметрические уравнения.
Угол между прямыми в пространстве.
Угол между прямой и плоскостью.
Пересечение прямой и плоскости.
Метод параллельных сечений.

## Раздел 3. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### Тема 3.1. Множества, функции.

Множество.
Операции над множествами.
Действительные числа.
Комплексные числа.
Мнимая единица.
Модуль комплексного числа.
Аргумент комплексного числа.
Функция.
Способы задания.
Четность.
Нечетность.
Периодичность.
Сложная функция.
Элементарная функция.

### Тема 3.2. Теория пределов. Непрерывность функции.

Последовательность.
Предел.
Неопределенность.
Бесконечно малая функция.
Бесконечно большая функция.
Односторонние пределы.
Непрерывность.
Точки разрыва.

## Раздел 4. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЕ К ИССЛЕДОВАНИЮ ФУНКЦИЙ И ПОСТРОЕНИЮ ГРАФИКОВ

### Тема 4.1. Производная функции

Производная.
Геометрический смысл.
Механический смысл.
Дифференциал.
Производные высших порядков.
Параметрически заданная функция.
Логарифмическое дифференцирование.
Касательная.
Нормаль.

### Тема 4.2. Приложения производной функции одной переменной

Правило Лопиталя.
Монотонность функции.
Экстремумы функции.
Наибольшее и наименьшее значения функции на отрезке.
Выпуклость и вогнутость графика функции.
Точки перегиба.
Асимптоты графика функции.

## Раздел 5. ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

### Тема 5.1. Неопределенный интеграл

Первообразная.
Неопределенный интеграл.
Методы интегрирования.
Непосредственное интегрирование.
Замена переменной.
Интегрирование по частям.
Рациональные функции.
Тригонометрические функции.
Иррациональные функции.

### Тема 5.2. Определенный и несобственный интегралы и их приложения

Определенный интеграл.
Несобственные интегралы по бесконечному промежутку.
Несобственные интегралы от функции, имеющей разрывы.
Признаки сходимости несобственных интегралов.
Приложения интегралов.

## Раздел 6. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

### Тема 6.1. Понятие функции нескольких переменных.

Функция двух и более переменных.
Линии и поверхности уровня.

### Тема 6.2. Дифференцирование функции нескольких переменных.

Частные производные.
Неявные функции.

Производная по направлению.
Градиент.
Касательная плоскость.
Нормаль.

### Тема 6.3. Экстремум функции нескольких переменных.

Экстремум.
Условный экстремум.

## Раздел 7. ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

### Тема 7.1. Дифференциальные уравнения первого порядка.

Дифференциальное уравнение.
Общее и частное решения.
Задача Коши.
Уравнение с разделяющимися переменными.
Однородное уравнение.
Линейное уравнение.

### Тема 7.2. Дифференциальные уравнения второго и высших порядков

Задача Коши.
Понижение порядка уравнения.
Линейное уравнение второго порядка.
Структура общего решения.
Уравнения с постоянными коэффициентами.
Характеристическое уравнение.

## Раздел 8. ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

### Тема 8.1. Двойной и тройной интегралы

Двойной и тройной интегралы.
Повторный интеграл.
Полярные координаты.
Цилиндрические координаты.
Сферические координаты.
Приложения кратных интегралов.

### Тема 8.2. Криволинейные интегралы.

Криволинейные интегралы I и II рода.
Приложения.
Формула Грина.
Независимость от пути интегрирования.

## Раздел 9. ЧИСЛОВЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЯДЫ. РЯДЫ ФУРЬЕ

### Тема 9.1. Числовые ряды.

Числовой ряд.
Сходимость.
Сумма ряда.
Знакопостоянные ряды.
Признаки сходимости.
Знакочередующиеся ряды.
Знакопеременные ряды.
Условная сходимость.
Абсолютная сходимость.

### Тема 9.2. Функциональные ряды.

Функциональный ряд.
Область сходимости.
Степенной ряд.
Радиус сходимости.
Ряды Тейлора-Маклорена.
Приложения к приближенным вычислениям.

### Тема 9.3. Ряды Фурье.

Ортогональные функции и системы.
Ряд Фурье.
Основная тригонометрическая система.
Системы синусов и косинусов.
Периодическая функция.

## Раздел 10. ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ. ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

### Тема 10.1. Дифференцирование функции комплексной переменной.

Функция комплексной переменной.
Область определения.
Аналитичность.
Условия Коши-Римана.

### Тема 10.2. Интегрирование функции комплексной переменной.

Односвязная и многосвязная области.
Особая точка.
Вычет функции в особой точке.
Основная теорема Коши о вычетах.

### Тема 10.3. Операционное исчисление.

Оригинал.
Изображение.
Преобразование Лапласа.
Запаздывание.

## Раздел 11. МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Приближенное решение уравнений.
Интерполирование функций.
Определенные интегралы.
Дифференциальные уравнения.

## Раздел 12. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

### Тема 12.1. Случайные события.

Комбинаторика.
Событие.
Вероятность.
Достоверное событие.

Невозможное событие.
Случайное событие.
Несовместные события.
Полная группа.
Сумма событий.
Произведение событий.
Условная вероятность.
Противоположное событие.
Полная вероятность.
Формула Байесса.
Повторные испытания.
Формула Бернулли.
Формула Лапласа.
Формула Пуассона.

**Тема 12.2. Случайные величины.**

Случайная величина.
Функция распределения.
Дискретная случайная величина.
Многоугольник распределения.
Непрерывная случайная величина.
Плотность вероятности.
Математическое ожидание.
Дисперсия.
Среднее квадратичное отклонение.
Мода.
Медиана.
Биномиальное распределение.
Пуассоновское распределение.
Непрерывное распределение.
Нормальное распределение.
Показательное распределение.
Системы случайных величин.
Двумерная случайная величина.
Линия регрессии.

**Тема 12.3. Элементы математической статистики.**

Закон больших чисел.
Центральная предельная теорема.
Выборка.
Репрезентативность.
Дискретный статистический ряд.

Интервальный статистический ряд.
Эмпирическая функция распределения.
Полигон.
Гистограмма.
Числовые характеристики выборки.
Точечные оценки.
Интервальные оценки.
Доверительный интервал.
Статистическая гипотеза.
Критерий согласия.

# САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для практических занятий, что для экзаменов, что пригодится для написания контрольной работы, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (в дальнейшем при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное

правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими

словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ЗАДАЧ И ЗАДАНИЙ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

Решение задач разного уровня на практических занятиях по математике является важнейшим средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций.

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

Цель решения задач на практических занятиях – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине; овладение математическими моделями и методами применительно к своей будущей профессиональной деятельности.

Задачи, связанные с решением разноуровневых задач и заданий на практических занятиях:

- закрепление, углубление, расширение и детализация математических знаний студентов, получаемых на лекционных занятиях;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми математическими методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

При решении задач разного уровня на практических занятиях следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для решения задачи необходимо внимательно прочитать ее условие, повторить лекционный материал по соответствующей теме, найти подобную задачу с решением в лекционных материалах или рекомендованной литературе и подробно разобрать ход этого решения;
- решение задач на практических занятиях включает в себя выбор способа решения задачи, разработку алгоритма практических действий (последовательность применяемых формул), выполнение расчетов по выбранным формулам; проверку полученного ответа;
- если в задаче требуется выполнение рисунка (чертежа), рекомендуется использовать линейку, простой карандаш и стирательную резинку, либо сначала строить чертеж на черновике; аккуратно подписывать оси координат, объекты на рисунке и т. п.;
- при решении разноуровневых задач и заданий на практических занятиях может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп

с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

# ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. Готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; прорешать задачи, подобные предлагаемым в тесте; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы.

2. Четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько задач в тесте ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.

3. Приступая к работе с тестом, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос задачи; решить предлагаемую задачу; выбрать правильный ответ из предложенных; на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задачи; это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудную задачу, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачетам* и *экзамену* по дисциплине «*Математика*» обучающемуся рекомендуется:

1. Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Математика*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого теоретического вопроса.

2. При изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачетах* и *экзамене* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса.

3. При изучении основных и дополнительных источников информации в рамках подготовки к ответу на теоретический вопрос на *зачетах* и *экзамене* необходимо подробно разобрать доказательства приведенных в источниках информации теорем, понять логику этих доказательств.

Определения основных понятий и доказательства теорем студент может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию).

4. Следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачетам* и *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «итак» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный теоретический вопрос, так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**ФГБОУ ВО**

**«Уральский государственный горный университет»**

**О. В. Садырева, И. Г. Коршунов**

# Ф И З И К А

## *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*
## ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

**Екатеринбург**

**2021**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета
_____Упоров С.А.

# ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2021

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры физики 5 октября 2020 года (протокол № 117) и рекомендованы для издания в УГГУ

ФИЗИКА. Методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки/Садырева О.В., Коршунов И.Г.; Урал.гос. горный ун-т.–Екатеринбург, 2019.– 29 стр.

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:

- Внимательно прочитать условие задачи.
- Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
- Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
- Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
- Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
- Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
- Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
- После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.

- Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.
- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

## 1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S= 800 + 8t – 0,5 t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/$^2$ , при спуске с ускорением 9,8 м/с$^2$.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.

13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.

14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/$^2$, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.

15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.

16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой 8с$^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.

23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.

## 2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМРОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2$ $H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-расходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно $10^5$ Па, а начальная температура 17° С?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, $\gamma$=1,4?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до $10^{-15}$ мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана $CH_4$ до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода СО, принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°С до 100° С надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° С, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° С до 2000° С. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° С. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° С. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

## 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?

48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.

49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.

50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 $см^2$ ?

51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.

52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ( $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?

54. Цена деления прибора 1, 5 $\cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?

55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре $30^0$ С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 мм$^2$, $\rho$ = 0,017(Ом· мм$^2$ /м ), $\alpha$ = 0,0044 град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную
индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли,
если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

## 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника 0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с

амплитудой 5 мм и частотой 1500 мин$^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 мин$^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 мин$^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 с$^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний y =0,1sin0,5πt (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3 \cdot 10^3$ кг/м$^3$.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4 \pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени $10^{-4}$ с. Скорость волны $5 \cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см$^2$ и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см$^2$.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5 \cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см$^2$ имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см$^2$ каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик -воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 $м^2$ и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos 10^4 \pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 $см^2$
имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 $см^2$ каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик -воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

## 5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете ($\lambda$ =600 нм).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda$=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз
уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт.
Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое
тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно 2,2·10-7Н/$м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$за одну секунду?

## 6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна 1,097·107$м^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.
136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона 9,1·$10^{-31}$кг, масса протона 1,67·$10^{-27кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью 6·$10^6$м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения ($\lambda_{мин}$ =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2).
Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
147. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса $L_Z$ орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l*
с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

## 7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.

158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра $_{7}N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. ( m $_{1}H^{1}$ = 1,00783 а.е.м.; m $_{0}n^{1}$ = 1,00867 а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра $_{6}C^{12}$, если известно, что m $_{1}H^{1}$ = 1,00783 а.е.м.; m $_{0}$n1 = 1,00867 а.е.м.; m $_{12}C^{6}$ = 12,00000 а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. (m $_{1}H^{1}$ = 1,00783 а.е.м.; m $_{0}n^{1}$ = 1,00867 а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_{8}O^{16}$, если m $_{1}H^{1}$ = 1,00783 а.е.м.;
m $_{0}n^{1}$ = 1,00867 а.е.м.; m $_{8}O^{16}$ = 1 5,99491 а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если $m\ _{11}Na^{23}$ = 22,98977а.е.м.; $m\ _1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ _0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что $m\ _3Li^7$ =7,01601 а.е.м.; $m\ _1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ _0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: $m\ _5B^{11}$ = 11,00931 а.е.м.; $m\ _1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ _0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: $m\ _0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; $m\ _{11}Na^{23}$ = 22,98977 а.е.м.; $m\ _{11}Na^{22}$ = 21,99444 а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: $m\ _0n^1$= 1,00867 а.е.м.; $m\ _2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ _2He^3$ = 3,01603 а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1H^1$). $m\ _1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ _8O^{16}$ = 15,99491 а.е.м.; $m\ _7N^{15}$ = 15,00011 а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если $m\ _{13}Al^{27}$ =2 6,98154 а.е.м.; $m\ _2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ _{15}P^{30}$= 29,97263 а.е.м.; $m\ _0n^1$= 1,00867 а.е.м.

172.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $1H^2 + {}_1H3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$, если
$m\ _1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; $m\ _1H^3$ =3,01605 а.е.м.; $m\ _0n^1$ =1,00867 а.е.м.; $m\ _2He^4$ = 4,00260 а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. ($m\ _2He^3$ = 3,01603 а.е.м.; $m\ _1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; $m\ _2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ _1H^1$ = 1,00783 а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$. ($m\ _7N^{1\ 4}$= 14,00307а.е.м.; $m\ _0n^1$ =1,00867 а.е.м ; $m\ _6C^{14}$= 14,00324 а.е.м.; $m\ _1H^1$= 1,00783 а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$. (m $_3Li^6$ = 6,01513 а.е.м.; m $_1H^2$= 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ =4 ,00260 а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: m $_6C^{14}$ = 14,00324 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.; m $_6C^{13}6$ = 13,00335а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.( m $_6C^{12}$= 12,00000 а.е.м.; m $_2He^4$= 4,00260 а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^4$. (m $_{20}Ca^{4\ 4}$= 43,95549 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_{19}K^{41}$= 40,96184 а.е.м.)

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

## Основная литература

### 8.1 Основная литература

.


| | |
|---|---|
| 1. | И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с. |
| 2. | В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.) |
| 3. | Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks». |
| 4. | Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks». |
| 5. | Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с. |


## Дополнительная литература


1. И..Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/48021.html -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30092.html - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45392.html - ЭБС «IPRbooks».

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

| Физическая постоянная | Обозначение | Значение |
|---|---|---|
| Скорость света в вакууме | $c$ | $3.00 \cdot 10^{8}$ м/с |
| Гравитационная постоянная | $G$ | $6.67 \cdot 10^{-11}$ м$^3$/(кг·с$^2$) |
| Число Авогадро | $N_A$ | $6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ |
| Молярная газовая постоянная | $R$ | 8.31 Дж/(моль·К) |
| Постоянная Больцмана | $k$ | $1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К |
| Атомная единица массы | *1а.е.м.* | $1.660 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Элементарный заряд | $e$ | $1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл |
| Масса покоя электрона | $m_e$ | $9.11 \cdot 10^{-31}$ кг |
| Масса покоя протона | $m_p$ | $1.67 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Электрическая постоянная | $\varepsilon_0$ | $8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м |
| Магнитная постоянная | $\mu_0$ | $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м |
| Постоянная Планка | $h$<br>$\hbar$ | $6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с<br>$1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с |

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

| Приставка | | | Множитель | Приставка | | | Множитель |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наименование | Обозначение | | | Наименование | Обозначение | | |
| | русское | международное | | | русское | международное | |
| экса | Э | E | $10^{18}$ | деци | д | d | $10^{-1}$ |
| пэта | П | P | $10^{15}$ | санти | с | c | $10^{-2}$ |
| тера | Т | T | $10^{12}$ | милли | м | m | $10^{-3}$ |
| гига | Г | G | $10^{9}$ | микро | мк | μ | $10^{-6}$ |
| мега | М | M | $10^{6}$ | нано | н | n | $10^{-9}$ |
| кило | к | k | $10^{3}$ | пико | п | p | $10^{-12}$ |
| Гекто | г | h | $10^{2}$ | фемто | ф | f | $10^{-15}$ |
| Дека | да | da | $10^{1}$ | атто | а | a | $10^{-18}$ |
| *П р и м е ч а н и е*: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.) | | | | | | | |

Приложение 3

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

| Величина | Единица | |
|---|---|---|
| | Наименование | Обозначение |
| Длина | метр | м |
| Масса | килограмм | кг |
| Время | секунда | с |
| Плоский угол | радиан | рад |
| Телесный угол | стерадиан | ср |
| Сила, вес | ньютон | Н |
| Давление | паскаль | Па |
| Напряжение (механическое) | паскаль | Па |
| Модуль упругости | паскаль | Па |
| Работа, энергия | джоуль | Дж |
| Мощность | ватт | Вт |
| Частота колебаний | герц | Гц |
| Термодинамическая температура | кельвин | К |
| Разность температур | кельвин | К |
| Теплота, количество теплоты | джоуль | Дж |
| Количество вещества | моль | моль |
| Электрический заряд | кулон | Кл |
| Сила тока | ампер | А |
| Потенциал электрического поля, электрическое напряжение | вольт | В |
| Электрическая емкость | фарад | Ф |
| Электрическое сопротивление | ом | Ом |
| Электрическая проводимость | сименс | См |
| Магнитная индукция | тесла | Тл |
| Магнитный поток | вебер | Вб |
| Индуктивность | генри | Гн |
| Сила света | кандела | кд |
| Световой поток | люмен | лм |
| Освещенность | люкс | лк |
| Поток излучения | ватт | Вт |
| Поглощенная доза излучения (доза излучения) | грэй | Гр |
| Активность изотопа | беккерель | Бк |

Приложение 4

## Внесистемные единицы

| Наименование величины | Единица | | |
|---|---|---|---|
| | Наименование | Обозначение | Соотношение с единицей СИ |
| Масса | тонна<br>атомная единица массы | т<br>а.е.м. | $10^3$ кг<br>$1.66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Время | минута<br>час<br>сутки | мин<br>ч<br>сут | 60 с<br>3600 с<br>86400 с |
| Плоский угол | градус<br>минута<br>секунда<br>град | …•<br>…′<br>…″<br>град | $1.74 \cdot 10^{-2}$ рад<br>$2.91 \cdot 10^{-4}$ рад<br>$4.85 \cdot 10^{-6}$ рад<br>$(\pi/200)$ рад |
| Объем, вместимость | литр | Л | $10^{-3}$ м$^3$ |
| Длина | астрономическая единица<br>световой год<br>парсек | а.е.<br>св. год<br>пк | $1.50 \cdot 10^{11}$ м<br>$9.46 \cdot 10^{15}$ м<br>$3.08 \cdot 10^{16}$ м |
| Оптическая сила | диоптрия | Дптр | 1 м$^{-1}$ |
| Площадь | гектар | Га | $10^4$ м$^2$ |
| Энергия | электрон-вольт | эВ | $1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Полная мощность | вольт-ампер | В·А | |
| *П р и м е ч а н и е:* Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками. | | | |

Приложение 5

## Плотность некоторых твердых тел

| Твердое тело | Плотность, г/см$^3$ | Твердое тело | Плотность, г/см$^3$ |
|---|---|---|---|
| Алюминий | 2.70 | Цезий | 1.90 |
| Барий | 3.50 | Каменная соль | 2,2 |
| Ванадий | 6.02 | Латунь | 8,55 |
| Висмут | 9.80 | Марганец | 7,40 |
| Железо (чугун, сталь) | 7.88 | Платина | 21,4 |
| Литий | 0.53 | Золото | 19,3 |
| Медь | 8.93 | Висмут | 9,8· |
| Никель | 8.90 | Уран | 18,7 |
| Свинец | 11.3 | Цинк | 7.15 |
| Серебро | 10.5 | Вольфрам | 19,3 |

Приложение 6

## Плотность некоторых жидкостей и газов

| Жидкость (при 15° С) | Плотность, г·/см$^3$ | Газ (при нормальных условиях | Плотность, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| Вода ( дистиллированная при 4°С) | 1.00 | Водород | 0.09 |
| Глицерин | 1.26 | Воздух | 1.29 |
| Керосин | 0.8 | Гелий | 0.18 |
| Ртуть | 13.6 | Аргон | 1,78 |
| Масло (оливковое, смазочное) | 0.9 | Азот | 1,25 |
| Масло касторовое | 0.96 | Кислород | 1.43 |
| Сероуглерод | 1.26 | | |
| Эфир | 0.7 | | |
| Спирт | 0.80 | | |

Приложение 7

## Удельное сопротивление $\rho$ некоторых материалов

| Материал | Удельное сопротивление, Ом·м | Материал | Удельное сопротивление, Ом·м |
|---|---|---|---|
| Алюминий | $2{,}53\cdot10^{-8}$ | Ртуть | $9{,}6\cdot10^{-7}$ |
| Алюминий провод | $2{,}87\cdot10^{-8}$ | Свинец | $2{,}08\cdot10^{-7}$ |
| Бумага | $10^{15}$ | Серебро | $1{,}6\cdot10^{-8}$ |
| Вода дистиллированная | $10^{4}$ | Сталь литая | $1{,}3\cdot10^{-7}$ |
| Вода морская | 0,3 | Сталь чистая | $1{,}01\cdot10^{-7}$ |
| Вольфрам | $5{,}5\cdot10^{-8}$ | Стекло | $10^{11}$ |
| Графит | $3{,}9\cdot10^{-6}$ | Стекло кварцевое | $10^{16}$ |
| Железо чистое | $9{,}8\cdot10^{-8}$ | Угольные щётки | $4\cdot10^{-5}$ |
| Железо | $8{,}7\cdot10^{-8}$ | Цинк | $5{,}9\cdot10^{-8}$ |
| Золото | $2{,}2\cdot10^{-8}$ | Чугун серый | $1\cdot10^{-6}$ |
| Константан | $5\cdot10^{-7}$ | Никель | $8{,}7\cdot10^{-8}$ |
| Масло парафиновое | $10^{14}$ | Нихром | $1{,}12\cdot10^{-6}$ |
| Магний | $4{,}4\cdot10^{-8}$ | Олово | $1{,}2\cdot10^{-7}$ |
| Манганин | $4{,}3\cdot10^{-7}$ | Платина | $1{,}07\cdot10^{-7}$ |
| Медь | $1{,}72\cdot10^{-8}$ | Медь провод | $1{,}78\cdot10^{-8}$ |

Приложение 8

## Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

| Вещество | Проницаемость | Вещество | Проницаемость |
|---|---|---|---|
| Ацетон | 21,4 | Парафин | 2,0 |
| Вакуум | 1,0 | Парафинированная бумага | 2,0 |
| Воздух | 1,000594 | Полиэтилен | 2,2 |
| Вода | 81 | Слюда | 7,0 |
| Вода дистиллированная | 31 | Спирт этиловый | 25,1 |
| Воск | 7,8 | Спирт метиловый | 33,5 |
| Керосин | 2,0 | Стекло | 7,0 |
| Масло | 5,0 | Фарфор | 5,0 |
| Масло трансформаторное | 2,2 | Эбонит | 2,6 |

Приложение 9

## Греческий алфавит

| Обозначения букв | Название букв | Обозначения букв | Название букв |
|---|---|---|---|
| A, α | Альфа | N, ν | ню |
| B, β | Бета | Ξ, ξ | кси |
| Γ, γ | Гамма | O, o | омикрон |
| Δ, δ | Дэльта | Π, π | пи |
| E, ε | Эпсилон | P, ρ | ро |
| Z, ς | Дзета | Σ, σ | сигма |
| H, η | Эта | T, τ | тау |
| Θ, θ | Тэта | Y, υ | ипсилон |
| J, i | Иота | Φ, φ | фи |
| K, κ | Каппа | X, χ | хи |
| Λ, λ | Ламбда | Ψ, ψ | пси |
| M, μ | Ми | Ω, ω | омега |

СОДЕРЖАНИЕ


| | |
|---|---|
| Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ | 3 |
| 1. Механика | 4 |
| 2. Молекулярная физика и термодинамика | 7 |
| 3. Электричество и магнетизм | 9 |
| 4. Механические и электромагнитные колебания и волны | 11 |
| 5. Волновая и квантовая оптика | 15 |
| 6. Квантовая физика и физика атома | 18 |
| 7. Элементы ядерной физики | 20 |
| Список литературы | 23 |
| Приложения | 24 |

**ФГБОУ ВО**

**«Уральский государственный горный университет»**

**Н. А. Зайцева**

# КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

**Учебно-методическое пособие**
**для самостоятельной работы**
**по курсу «Общая химия»»**
**для студентов всех специальностей**

**Екатеринбург**

**2021**

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического факультета
УГГУ
« 12 » октября 2021 г.
Председатель комиссии
_____ Осипов П.А.

Н. А. Зайцева

# КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы
по курсам «Общая химия»
для студентов всех специальностей

Издание УГГУ Екатеринбург, 2021

Рецензент: М. А. Мелкозерова, кандидат химических наук, старший научный сотрудник ИХТТ УрО РАН.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 16 сентября 2021 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

**Зайцева Н.А.**

КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ: учебно-методическое пособие / Н.А. Зайцева – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 44 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о классификации неорганических соединений и основных приемах решения задач по химии. Пособие содержит 25 вариантов заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по решению расчетных химических задач в каждой теме.

Для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н.А. 2016

© Уральский государственный горный университет, 2016

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Тема1. Классификация неорганических соединений……...….5
Тема 2. Кислоты. Химические свойства кислот……..9
Тема 3. Основания. Химические свойства оснований..……..……...……16
Тема 4. Оксиды. Химические свойства оксидов ……..…23
Тема 5. Соли. Кристаллогидраты…….…....31
Тема 6. Генетическая связь неорганических веществ…….40
Список литературы……..44

## Тема 1. Классификация неорганических соединений

Сложные неорганические вещества делят на классы либо по составу (двухэлементные, или бинарные, соединения и многоэлементные соединения), либо по функциональным признакам (кислотно-основным, окислительно-восстановительным), которые эти вещества осуществляют в химических реакциях. По кислотно-основным функциям минеральные вещества делятся на оксиды, кислоты, основания (или основания + амфотерные гидроксиды) и соли.

Количества любых химические вещества принято измерять в молях. Расчётные задачи по химии решаются через расчёт количества вещества. Необходимо помнить основную формулу для определения числа молей:

$$\nu = m/M = V/V_m = N/N_A,$$

где m – масса вещества, V – объем газообразного вещества,

M – молярная масса вещества -масса одного моля вещества

$V_m$ – молярный объем газа, то есть объём одного моля любого газа; при нормальных условиях (температура 0°C, давление 1 атмосфера) $V_m$=22,4 л/моль

N – число частиц (молекул, ионов, атомов),

$N_A$ – постоянная Авогадро – количество частиц вещества в одном моле, $N_A$= $6{,}023 \cdot 10^{23}$шт/моль

### Задачи для самостоятельной работы
### по теме «Классификация неорганических соединений»

Вариант 1.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде лития массой 460 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт сероводород массой 40 г?
3. Определите количество атомов натрия в карбонате натрия $Na_2CO_3$ массой 10 г.

Вариант 2.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде бария массой 160 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт хлороводород массой 20 г?
3. Определите количество атомов кислорода в карбонате натрия массой 30 г.

Вариант 3.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде калия массой 120 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт аммиак массой 40 г?

3. Определите количество атомов углерода в карбонате натрия $Na_2CO_3$ массой 20 г.

Вариант 4.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде бария массой 60 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт метан массой 20 г?

3. Определите количество атомов кислорода в сульфате натрия массой 10 г.

Вариант 5.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде лития массой 46 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт водород массой 40 г?

3. Определите количество атомов натрия в сульфате натрия массой 30 г.

Вариант 6.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в нитрате бария массой 10 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт кислород массой 20 г?

3. Определите количество атомов водорода в аммиаке массой 30 г.

Вариант 7.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в аммиаке массой 170 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт хлор массой 142 г?

3. Определите количество атомов углерода в карбонате калия массой 20 г.

Вариант 8.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде натрия массой 60 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт фтор массой 20 г?

3. Определите количество атомов кислорода в сульфате алюминия массой 100 г.

Вариант 9.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде кальция массой 40 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт азот массой 56 г?

3. Определите количество атомов водорода в серной кислоте массой 10 г.

Вариант 10.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде калия массой 160 г?

2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт гелий массой 20 г?

3. Определите количество атомов кислорода нитрате натрия массой 30 г.

Вариант 11.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в сульфиде калия массой 68 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт NO массой 40 г?
3. Определите количество атомов кислорода в серной кислоте массой 20 г.

Вариант 12.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде цинка массой 60 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт $N_2O$ массой 20 г?
3. Определите количество атомов хлора в хлориде алюминия массой 10 г.

Вариант 13.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде магния массой 4 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт $CO_2$ массой 88 г?
3. Определите количество атомов азота в нитрате алюминия массой 30 г.

Вариант 14.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в сульфате бария массой 90 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт углекислый газ массой 9 г?
3. Определите количество атомов кислорода в нитрате алюминия массой 50 г.

Вариант 15.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде цинка массой 10 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт CO массой 56 г?
3. Определите количество атомов углерода в карбонате магния массой 20 г.

Вариант 16.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде цезия массой 60 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт $NO_2$ массой 92 г?
3. Определите количество атомов кислорода в сульфате стронция массой 100 г.

Вариант 17.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде кремния массой 40 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт озон массой 96 г?
3. Определите количество атомов натрия в гидроксиде натрия массой 80 г.

Вариант 18.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде бериллия массой 6 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт арсин $AsH_3$ массой 20 г?

3. Определите количество атомов кислорода в сульфате цинка массой 30 г.

Вариант 19.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде $Fe_2O_3$ массой 120 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт силан $SiH_4$ массой 40 г?
3. Определите количество атомов углерода в карбонате меди (II) массой 20 г.

Вариант 20.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде $Fe_3O_4$ массой 60 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт аргон массой 20 г?
3. Определите количество атомов кислорода в азотной кислоте массой 10 г.

Вариант 21.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в сульфиде цинка массой 46 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт газ $SO_2$ массой 40 г?
3. Определите количество атомов натрия в ортофосфате натрия массой 30 г.

Вариант 22.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в оксиде FeO массой 10 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт неон массой 20 г?
3. Определите количество атомов водорода в аммиаке массой 30 г.

Вариант 23.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в бромиде калия массой 17 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт газ $SO_3$ массой 40 г?
3. Определите количество атомов углерода в карбонате кальция массой 20 г.

Вариант 24.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в хлориде рубидия массой 1 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт фтороводород массой 20 г?
3. Определите количество атомов кислорода в сульфате железа(II) массой 100 г.

Вариант 25.

1. Какое количество вещества (в молях) содержится в сульфате кальция массой 4 г?
2. Какой объём при нормальных условиях (н.у.) займёт аммиак массой 56 г?
3. Определите количество атомов кислорода в серной кислоте массой 10 г.

## Тема 2. Кислоты. Химические свойства кислот.

Кислоты – сложные вещества, молекулы которых состоят из атомов водорода и кислотного остатка. С позиций теории электролитической диссоциации кислотами называются вещества, диссоциирующие в растворах с образованием ионов водорода. С точки зрения протонной теории кислот и оснований к кислотам относятся вещества, способные отдавать ион водорода $H^+$, то есть быть донорами протонов. Кислоты классифицируют по их силе (сильные и слабые), по основности (одноосновные, двухосновные, трёхосновные) и по наличию или отсутствию кислорода в составе кислоты (кислородсодержащие или бескислородные).

**Таблица 1. Сильные и слабые кислоты**

| | Сильные кислоты | Слабые кислоты |
|---|---|---|
| Бескислородные | HCl-хлороводородная (соляная)<br>HBr- бромоводородная<br>HI- йодоводородная | HF- фтороводородная (плавиковая)<br>HCN – циановодородная (синильная)<br>$H_2S$ – сероводородная<br>$H_2Se$ - селеноводородная |
| Кислород-содержащие | $H_2SO_4$ - серная<br>$HNO_3$ -азотная<br>$HMnO_4$ - марганцевая<br>$HClO_4$ - хлорная<br>$HClO_3$ - хлорноватая<br>$H_2CrO_4$ - хромовая | $H_2SO_3$ - сернистая<br>$HNO_2$ - азотистая<br>$H_3PO_4$ – ортофосфорная<br>$HPO_3$ – метафосфорная<br>$H_3PO_3$ - фосфористая<br>$H_2SiO_3$ - кремниевая<br>$H_2CO_3$-угольная<br>$CH_3COOH$ -уксусная |

Химические свойства кислот:

1. Диссоциация в водных растворах на протоны и кислотный остаток с образованием кислой среды, изменяющей окраску индикаторов:

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

2. Взаимодействие с основаниями с образованием солей (нейтрализация)^

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

3. Взаимодействие с основными оксидами с образованием солей:

$$2\ HCl + CaO \rightarrow CaCl_2 + H_2O$$

4. Взаимодействие с металлами, стоящими в ряду напряжения до водорода (кроме азотной и концентрированной серной кислот):

$$2\ HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

5. Взаимодействие сильных кислот с солями более слабых кислот:

$$2\ HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3$$

**Пример решения задачи на расчёт по уравнению реакции:**

Задача: В избытке соляной кислоты растворили магний массой 6 г. Какой объем водорода, измеренный при нормальных условиях, выделится при этом?

Решение:

Записываем исходные данные: Дано: m(Mg)=6 г; н.у. Найти: V(H2) =?

Составляем уравнение реакции взаимодействия магния с соляной кислотой и расставляем стехиометрические коэффициенты

$$Mg + 2\ HCl = MgCl_2 + H_2\uparrow$$

I действие: Определяем количество вещества магния, вступившего в реакцию с соляной кислотой. ν(Mg) = m(Mg)/ M(Mg ) = 6/24 = 0,25 моль

II действие: Из уравнения реакции видно, что количества вещества магния и водорода равны (1:1), т.е. ν(Mg) = ν(H2) = 0,25 моль.

III действие: Рассчитываем объем водорода, выделившегося в результате реакции: $V(H_2) = Vm \cdot \nu(H_2) = 22,4 \cdot 0,35 = 7,84$ л.

Ответ: $V(H_2) = 7,84$ л.

**Задачи для самостоятельной работы по теме «Кислоты»**

Вариант 1.

1. Какая масса серной кислоты требуется для нейтрализации NaOH массой 4 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте цинка массой 1,3 г?

3. Определите массу соды $Na_2CO_3$, растворённой в избытке ортофосфорной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 4,48 л (н.у.).

Вариант 2.

1. Какая масса кремниевой кислоты требуется для реакции с KOH массой 5,6г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте алюминия массой 2,7 г?

3. Определите массу мела $CaCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 2,24 л (н.у.).

Вариант 3.

1. Какая масса сернистой кислоты требуется для нейтрализации LiOH массой 14 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте магния массой 2,4 г?

3. Определите массу карбоната калия, растворённого в избытке уксусной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 1,12 л (н.у.).

Вариант 4.

1. Какая масса азотной кислоты требуется для нейтрализации NaOH массой 8 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте железа массой 2,8 г?

3. Определите массу соды $Na_2CO_3$, растворённой в избытке марганцевой кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 3,36 л (н.у.).

Вариант 5.

1. Какая масса серной кислоты требуется для нейтрализации LiOH массой 4,8 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте никеля массой 5,9 г?

3. Определите массу карбоната бария, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 11,2 л (н.у.).

Вариант 6.

1. Какая масса сероводородной кислоты требуется для нейтрализации гидроксида натрия массой 5 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте цинка массой 6,5 г?

3. Определите массу $K_2CO_3$, растворённого в избытке ортофосфорной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 448 мл (н.у.).

Вариант 7.

1. Какая масса плавиковой кислоты требуется для нейтрализации гидроксида калия массой 7 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте алюминия массой 10,8 г?

3. Определите массу $CuCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 224 мл (н.у.).

Вариант 8.

1. Какая масса серной кислоты требуется для нейтрализации 3,42 г $Ba(OH)_2$?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте цинка массой 13 г?

3. Определите массу карбоната цезия, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 8,96 л (н.у.).

Вариант 9.

1. Какая масса азотистой кислоты требуется для нейтрализации KOH массой 2,8 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте алюминия массой 5,4 г?

3. Определите массу $MgCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 22,4 л (н.у.).

Вариант 10.

1. Какая масса азотной кислоты требуется для нейтрализации гидроксида кальция массой 3,7 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в хлороводородной кислоте магния массой 4,8 г?

3. Определите массу карбоната аммония, растворённого в избытке соляной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 15,68 л (н.у.).

Вариант 11.

1. Какая масса хлорной кислоты требуется для нейтрализации NaOH массой 16 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в йодоводородной кислоте цинка массой 10,4 г?

3. Определите массу карбоната натрия, растворённого в избытке серной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 33,6 л (н.у.).

Вариант 12.

1. Какая масса марганцевой кислоты требуется для нейтрализации гидроксида лития массой 12 г?

2. Какой объём газа (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте 8 г железа?

3. Определите массу $PbCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 1,568 л (н.у.).

Вариант 13.

1. Какая масса $H_2Se$ требуется для нейтрализации натриевой щёлочи массой 16 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте цинка массой 19,5 г?

3. Определите массу $FeCO_3$, растворённого в избытке хлороводородной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 44,8 л (н.у.).

Вариант 14.

1. Какая масса фтороводородной кислоты требуется для нейтрализации гидроксида рубидия массой 10,2 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте алюминия массой 2,16 г?

3. Определите массу $SrCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 2,24 л (н.у.).

Вариант 15.

1. Какая масса хромовой кислоты требуется для нейтрализации гидроксида стронция массой 12,2 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте кобальта массой 5,9 г?

3. Определите массу $ZnCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 2,24 л (н.у.).

Вариант 16.

1. Какая масса серной кислоты требуется для растворения $Cu(OH)_2$ массой 40 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в хлорной кислоте цинка массой 26 г?

3. Определите массу $Na_2CO_3$, растворённого в избытке соляной кислоты, если объём выделившегося газа составил 4,48 л (н.у.).

Вариант 17.

1. Какая масса соляной кислоты требуется для растворения $Fe(OH)_2$ массой 56 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при взаимодействии с серной кислотой алюминия массой 54 г?

3. Определите массу $CaCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 224 л (н.у.).

Вариант 18.

1. Какая масса синильной кислоты требуется для нейтрализации LiOH массой 49 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте магния массой 36 г?

3. Определите массу карбоната магния, растворённого в избытке азотистой кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 1,12 л (н.у.).

Вариант 19.

1. Какая масса азотной кислоты требуется для растворения 8 г оксида алюминия?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте железа массой 14 г?

3. Определите массу $BaCO_3$, растворённого в избытке марганцевой кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 3,36 л (н.у.).

Вариант 20.

1. Какая масса сернистой кислоты требуется для растворения $Li_2O$ массой 48 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте никеля массой 10,8 г?

3. Определите массу карбоната цинка, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 11,2 л (н.у.).

Вариант 21.

1. Какая масса сероводородной кислоты требуется для нейтрализации гидроксида натрия массой 50 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в бромоводородной цинка массой 26 г?

3. Определите массу $K_2CO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 448 мл (н.у.).

Вариант 22.

1. Какая масса азотистой кислоты требуется для нейтрализации гидроксида калия массой 21 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в соляной кислоте алюминия массой 5,4 г?

3. Определите массу $CuCO_3$, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 0,224 л (н.у.).

Вариант 23.

1. Какая масса селеноводородной кислоты требуется для нейтрализации 3,42 г щёлочи $Ba(OH)_2$?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в йодоводородной кислоте цинка массой 13 г?

3. Определите массу карбоната цезия, растворённого в избытке азотной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 2,24 л (н.у.).

Вариант 24.

1. Какая масса азотистой кислоты требуется для нейтрализации KOH массой 28 г?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в серной кислоте алюминия массой 1,08 г?

3. Определите массу $MnCO_3$, растворённого в избытке соляной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 8,96 л (н.у.).

Вариант 25.

1. Какая масса хлорной кислоты требуется для растворения 10 г оксида цинка?

2. Какой объём водорода (н.у.) выделится при растворении в хлороводородной кислоте магния массой 48 г?

3. Определите массу карбоната кальция, растворённого в избытке соляной кислоты, если объём выделившегося углекислого газа составил 15,68 л (н.у.).

## Тема 2. Основания. Химические свойства оснований.

Основания – сложные вещества, молекулы которых состоят из атомов металла (или иона аммония) и гидроксогрупп $OH^-$. С позиций теории электролитической диссоциации основаниями называются вещества, диссоциирующие в растворах с образованием ионов $OH^-$. С точки зрения протонной теории кислот и оснований к основаниям относятся вещества, способные принимать ион водорода, то есть быть акцепторами протонов. Основания классифицируют по их силе (сильные и слабые), по растворимости (растворимые и нерастворимые), по кислотности (количеству гидроксогрупп).

Сильные растворимые основания называются щелочами, к щелочам относят гидроксиды лития, натрия, калия, рубидия, цезия, бария и стронция, а также малорастворимый гидроксид кальция. К слабым основаниям относятся нерастворимые гидроксиды металлов и водный раствор аммиака, иногда обозначаемый как гидроксид аммония $NH_4OH$.

Амфотерными называются гидроксиды, способные проявлять свойства слабых кислот или слабых оснований в зависимости от партнёра по реакции ($Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Be(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$).

Химические свойства оснований:

1. Растворимые основания диссоциируют в водных растворах с образованием щелочной среды, изменяющей окраску индикаторов:

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

2. Взаимодействуют с кислотами с образованием солей (нейтрализация):

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2\ H_2O$$

3. Взаимодействуют с кислотными оксидами с образованием солей:

$$MgO + CO_2 \rightarrow MgCO_3$$

4. Взаимодействуют с солями более слабых оснований:

$$2\ NaOH + CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$$

$$NaOH + NH_4Cl \rightarrow NaCl + NH_3 + H_2O$$

5. Нерастворимые основания разлагаются при нагревании на оксид и воду:

$$Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$$

**Пример решения задачи на расчёт по уравнению реакции (избыток-недостаток):**

Задача: Какая масса хлорида аммония образуется при взаимодействии хлороводорода массой 7,3 г с аммиаком массой 5,1 г?

Решение:

Дано: m(HCl)=7,3 г; $m(NH_3)$=5,1 г. Найти: $m(NH_4Cl)$ =?

Составляем уравнение реакции: $HCl + NH_3 = NH_4Cl$

I действие: Определяем количество обоих веществ, чтобы определить какое из них расходуется полностью, а какое остаётся в избытке:

$\nu(HCl) = m(HCl)/ M(HCl) = 7,3/36,5 = 0,2$ моль

$\nu(NH_3) = m(NH_3)/ M(NH_3) = 5,1/ 17 = 0,3$ моль

По уравнению аммиак и хлороводород взаимодействуют в соотношении 1:1, следовательно, 0,3 моль аммиака – избыток, расчёт проводим по хлороводороду, который полностью вступает в реакцию.

II действие: Из уравнения реакции: $\nu(NH_4Cl)= \nu(HCl) = 0,2$ моль.

III действие: Рассчитываем массу полученной соли: $m(NH_4Cl) = \nu(NH_4Cl) \cdot M(NH_4Cl) = 0,2 \cdot 53,5 = 10,7$ г.

Ответ: $m(NH_4Cl) = 10,7$ г.

**Задачи для самостоятельной работы по теме «Основания».**

Вариант 1.

1. Какая масса оксида кальция образуется при прокаливании $Ca(OH)_2$ массой 37 г?
2. Определите массу хлорида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 4,48 л (н.у.).
3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г соляной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

Вариант 2.

1. Какая масса оксида алюминия образуется при прокаливании $Al(OH)_3$ массой 4 г?
2. Определите массу фторида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 2,24 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г бромоводородной кислоты и 10 г гидроксида лития.

Вариант 3.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Ca(OH)_2$ массой 18,5 г?

2. Определите массу нитрата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 44,8 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г азотистой кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 4.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Al(OH)_3$ массой 39 г?

2. Определите массу сульфата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 3,36 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г хлороводородной кислоты и 10 г гидроксида цезия.

Вариант 5.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Cu(OH)_2$ массой 49 г?

2. Определите массу бромида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 1,12 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г азотной кислоты и 10 г гидроксида рубидия.

Вариант 6.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Fe(OH)_3$ массой 5,35 г?

2. Определите массу сульфида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 11,2 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г йодоводородной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

Вариант 7.

1. Какая масса оксида меди образуется при прокаливании $Cu(OH)_2$ массой 9,8 г?

2. Определите массу сульфита аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 4,48 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г марганцевой кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 8.

1. Какая масса оксида железа образуется при прокаливании $Fe(OH)_3$ массой 10,7 г?

2. Определите массу карбоната аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 2,8 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г хлорной кислоты и 10 г гидроксида лития.

Вариант 9.

1. Какая масса оксида хрома образуется при прокаливании $Cr(OH)_3$ массой 5,15 г?

2. Определите массу ацетата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 1,4 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г синильной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

Вариант 10.

1. Какая масса оксида бериллия образуется при прокаливании $Be(OH)_2$ массой 43 г?

2. Определите массу фторида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 14 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г хлорной кислоты и 10 г гидроксида лития.

Вариант 11.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Be(OH)_2$ массой 8,6 г?

2. Определите массу хлората аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 7 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г соляной кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 12.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Cr(OH)_3$ массой 10,3 г?

2. Определите массу сульфата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 0,7 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г хлороводородной кислоты и 10 г гидроксида цезия.

Вариант 13.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Fe(OH)_2$ массой 9 г?

2. Определите массу бромида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 21 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г азотной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

Вариант 14.

1. Какая масса оксида железа образуется при прокаливании $Fe(OH)_2$ массой 4,5 г?

2. Определите массу сульфита аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 2,1 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г йодоводородной кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 15.

1. Какая масса оксида меди образуется при прокаливании CuOH массой 8,1 г?

2. Определите массу сульфита аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 4,48 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г марганцевой кислоты и 10 г гидроксида рубидия.

Вариант 16.

1. Какая масса оксида магния образуется при прокаливании $Mg(OH)_2$ массой 29 г?

2. Определите массу хлорида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 44,8 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г синильной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

Вариант 17.

1. Какая масса оксида свинца образуется при прокаливании $Pb(OH)_2$ массой 24,1 г?

2. Определите массу фторида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 1,12 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 20 г бромоводородной кислоты и 10 г гидроксида лития.

Вариант 18.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Mg(OH)_2$ массой 5,8 г?

2. Определите массу нитрата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 4,48 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г азотистой кислоты и 20 г гидроксида калия.

Вариант 19.

1. Какая масса оксида никеля образуется при прокаливании $Ni(OH)_2$ массой 9,3 г?

2. Определите массу сульфида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 1,4 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 20 г хлорной кислоты и 10 г гидроксида таллия (I).

Вариант 20.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Ni(OH)_2$ массой 18,6 г?

2. Определите массу хлорида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 7 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г азотной кислоты и 10 г гидроксида серебра (I).

Вариант 21.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Co(OH)_2$ массой 62 г?

2. Определите массу сульфата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 22,4 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 10 г хлороводородной кислоты и 10 г гидроксида таллия (I).

Вариант 22.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Co(OH)_3$ массой 11 г?

2. Определите массу бромида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 3,36 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 30 г азотной кислоты и 10 г гидроксида лития.

Вариант 23.

1. Какая масса оксида кобальта образуется при прокаливании $Co(OH)_2$ массой 31 г?

2. Определите массу сульфита аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 2,24 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 20 г йодоводородной кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 24.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании CuOH массой 16,2 г?

2. Определите массу сульфата аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 33,6 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 20 г марганцевой кислоты и 10 г гидроксида калия.

Вариант 25.

1. Какая масса воды образуется при прокаливании $Co(OH)_3$ массой 22 г?

2. Определите массу сульфида аммония, растворённого в избытке щёлочи, если объём выделившегося аммиака составил 2,24 л (н.у.).

3. Рассчитайте массу соли, полученной взаимодействием 20 г бромоводородной кислоты и 10 г гидроксида натрия.

**Дополнительные задачи:**

1. Цинк массой 45,5 г нагрели с 35,68 г NaOH. Рассчитайте объем выделившегося водорода (н.у.), по уравнению реакции:

$$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow.$$

2. Аммиак, выделившийся при взаимодействии 107 г 20% раствора хлорида аммония с 150 г 18% раствора гидроксида натрия полностью прореагировал с 60% фосфорной кислотой с образованием дигидрофосфата аммония. Определить массовую долю хлорида натрия в полученном растворе.

## Тема 4. Оксиды. Классификация и химические свойства оксидов.

Оксидами называются бинарные соединения, содержащие кислород в степени окисления -2. Оксиды делятся на солеобразующие и несолеобразующие (CO, NO, $N_2O$).

Солеобразующие оксиды подразделяются на основные (соответствующие основаниям), кислотные (соответствующие кислотам или реагирующие с водой с образованием кислоты) и амфотерные ($Al_2O_3$, $Cr_2O_3$, ZnO, BeO, SnO, PbO).

Как правило, оксиды можно получить прямой реакцией простых веществ с кислородом.

### Химические свойства основных оксидов

1. Растворимые в воде основные оксиды вступают в реакцию с водой, образуя основания:

$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$$

2. Взаимодействуют с кислотными оксидами, образуя соли:

$$Na_2O + SO_3 \rightarrow Na_2SO_4$$

3. Реагируют с кислотами, образуя соль и воду:

$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$$

4. Реагируют с амфотерными оксидами:

$$Li_2O + Al_2O_3 \rightarrow 2LiAlO_2$$

### Химические свойства кислотных оксидов

1. Растворимые в воде кислотные оксиды взаимодействуют с водой, образуя кислоту:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

2. Реагируют с основными оксидами с образованием соли:

$$CO_2 + CaO \rightarrow CaCO_3$$

3. Взаимодействуют со щелочами:

$$CO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$$

## Химические свойства амфотерных оксидов

1. Взаимодействуют с кислотами, образуя соль и воду:

$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$$

2. Реагируют с твёрдыми щелочами (при сплавлении), образуя в результате реакции соль и воду:

$$ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$$

При взаимодействии оксида цинка с раствором щелочи) протекает другая реакция:

$$ZnO + 2\ NaOH + H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

Амфотерные оксиды обычно не растворяются в воде и не реагируют с ней.

## Пример решения задачи на расчет массовой доли вещества

Массовая доля вещества – отношение массы данного вещества в системе к массе всей системы: $\omega(X) = m(X)/m$,

где $\omega(X)$– массовая доля вещества X, выражается в долях от единицы или в процентах,

m(X) – масса вещества X,

m – масса всей системы.

Задача: Какая масса 10% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения CuO массой 20 г?

Решение:

Дано: m(CuO)=20 г; ω (HCl)=0,1. Найти: m(р-раHCl) =?

Составляем уравнение реакции:

$$2HCl + CuO = CuCl_2 + H_2O$$

I действие: Определяем количество вещества оксида меди:

$\nu(CuO) = m(CuO)/ M(CuO) = 20/(64+16) = 0,25$ моль

II действие: Из уравнения реакции: $\nu(HCl) = ½\ \nu(HCl) = 0,125$ моль.

III действие: $m(HCl) = \nu(HCl) \cdot M(HCl) = 0,125 \cdot 36,5 = 4,5625$ г.

Массу раствора соляной кислоты можно найти из формулы массовой доли:

$m(р\text{-}раHCl) = m(HCl) / \omega (HCl) = 4,5625 / 0,1 = 45,625$ г

Ответ: m(р-раHCl) = 45,625 г

## Задачи для самостоятельной работы по теме «Оксиды»

Вариант 1.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ углекислого газа объёмом 28 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения CuO массой 10 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 40 г триоксида серы.

Вариант 2.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ углекислого газа объёмом 14 л (н.у.)?

2. Какая масса 15% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения ZnO массой 20 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 20 г оксида серы (VI).

Вариант 3.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ сернистого газа объёмом 28 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора серной кислоты требуется для растворения 10 г CuO?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 30 г оксида $SO_3$.

Вариант 4.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ углекислого газа объёмом 22,4 л (н.у.)?

2. Какая масса 15% раствора серной кислоты требуется для полного растворения ZnO массой 20 г?

3. Определите массовую долю ортофосфорной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 20 г оксида фосфора (V).

Вариант 5.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ углекислого газа объёмом 2,8 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения CuO массой 16 г?

3. Определите массовую долю сернистой кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 32 г диоксида серы.

Вариант 6.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ сернистого газа объёмом 4,48 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения FeO массой 36 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 20 г оксида азота (V).

Вариант 7.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ серного газа объёмом 28 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора серной кислоты требуется для полного растворения $Fe_2O_3$ массой 20 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 30 г оксида $P_2O_3$.

Вариант 8.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ серного газа объёмом 11,2 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения $Al_2O_3$ массой 23 г?

3. Определите массовую долю метафосфорной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 20 г оксида фосфора (V).

Вариант 9.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ серного газа объёмом 5,6 л (н.у.)?

2. Какая масса 15% раствора хлороводородной кислоты требуется для полного растворения MgO массой 10 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 40 г триоксида серы.

Вариант 10.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ углекислого газа объёмом 3,36 л (н.у.)?

2. Какая масса 15% раствора натриевой щёлочи требуется для полного растворения $SiO_2$ массой 30 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 10 г оксида серы (VI).

Вариант 11.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ сернистого газа объёмом 33,6 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения оксида BeO массой 10 г?

3. Определите массовую долю щёлочи в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды 15,3 г оксида BaO.

Вариант 12.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ оксида углерода (IV) объёмом 2,24 л (н.у.)?

2. Какая масса 15% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения PbO массой 22,3 г?

3. Определите массовую долю щёлочи в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 13 г оксида натрия.

Вариант 13.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ диоксида серы объёмом 8,96 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора гидроксида натрия требуется для полного растворения $SiO_2$ массой 10 г?

3. Определите массовую долю щёлочи в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 7,77 г оксида бария.

Вариант 14.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ триоксида серы объёмом 448 мл (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора бромоводородной кислоты требуется для полного растворения оксида SnO массой 13,5 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 40 г оксида азота (V).

Вариант 15.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ серного газа объёмом 33,6 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора уксусной кислоты требуется для полного растворения $Fe_2O_3$ массой 10 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 15 г оксида фосфора (III).

Вариант 16.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ триоксида серы объёмом 2,24 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения $Cr_2O_3$ массой 10 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 11,2 л (н.у.) диоксида серы.

Вариант 17.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора $Sr(OH)_2$ с оксидом азота (V) объёмом 5,6 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения MnO массой 10 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 100 г воды и 22,4 л (н.у.) триоксида серы.

Вариант 18.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора NaOH с оксидом азота (V) объёмом 11,2 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора серной кислоты требуется для растворения 10 г CoO?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 300 г воды и 5,6 л (н.у.) оксида $SO_3$.

Вариант 19.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора KOH с оксидом азота (III) объёмом 11,2 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора NaOH для полного растворения ZnO массой 20 г?

3. Определите массовую долю фосфористой кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 200 г воды и 10 г оксида фосфора (III).

Вариант 20.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора $Ba(OH)_2$ и оксида азота (V) объёмом 5,6 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения MgO массой 10 г?

3. Определите массовую долю сернистой кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 300 г воды и 8,96 л (н.у.) диоксида серы.

Вариант 21.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ba(OH)_2$ углекислого газа объёмом 4,48 л (н.у.)?

2. Какая масса 5% раствора соляной кислоты требуется для полного растворения оксида NiO массой 36 г?

3. Определите массовую долю щёлочи в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и 20 г оксида натрия.

Вариант 22.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ серного газа объёмом 22,4 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора серной кислоты требуется для полного растворения $Cr_2O_3$ массой 20 г?

3. Определите массовую долю фосфористой кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 300 г воды и 10 г оксида $P_2O_3$.

Вариант 23.

1. Какая масса осадка выпадет при пропускании через раствор $Sr(OH)_2$ триоксида серы объёмом 1,12 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора азотной кислоты требуется для полного растворения $Al_2O_3$ массой 6,9 г?

3. Определите массовую долю метафосфорной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 300 г воды и 10 г оксида фосфора (V).

Вариант 24.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора $NH_4OH$ и оксида азота (III) объёмом 4,48 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора бромоводородной кислоты требуется для полного растворения MgO массой 10 г?

3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 500 г воды и триоксида серы объёмом 3,36 л (н.у.).

Вариант 25.

1. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора $NH_4OH$ и оксида азота (V) объёмом 2,24 л (н.у.)?

2. Какая масса 10% раствора калиевой щёлочи требуется для полного растворения $SiO_2$ массой 20 г?

3. Определите массовую долю кислоты в растворе, полученном при взаимодействии 300 г воды и оксида серы (VI) объёмом 3,36 л (н.у.).

**Дополнительные задачи**

1. Через 0,0464 л 18% раствора NaOH плотностью 1,197 г/мл пропустили 8,5 г сероводорода. Вычислить массовую долю соли в полученном растворе.

2. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе, полученном после сливания 14,7 г. 10% раствора серной кислоты и 200 г 1,04% раствора $BaCl_2$.

3. К раствору NaOH массой 1200 г прибавили 490 г 40% раствора $H_2SO_4$. Для нейтрализации полученного раствора потребовалось 143 г кристаллической соды $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. Вычислить массовую долю NaOH в исходном растворе.

## Тема 5. Соли. Кристаллогидраты.

Соли - сложные вещества, состоящие из атомов металла (или более сложных катионных групп) и кислотных остатков. С точки зрения теории электролитической диссоциации это электролиты, диссоциирующие в водных растворах на катионы металла (или аммония $NH^{4+}$) и анионы кислотного остатка.

По составу соли подразделяют на средние (нормальные), кислые (гидросоли), основные (гидроксосоли), двойные, смешанные и комплексные (см. таблицу).

Многие соли выделяются из водных растворов в виде кристаллогидратов - веществ, в кристаллы которых входят молекулы воды, такая вода называется кристаллизационной. Состав кристаллогидратов принято изображать формулами, показывающими, какое количество кристаллизационной воды содержит кристаллогидрат. Например, кристаллогидрат сульфата меди (медный купорос), содержащий на один моль $CuSO_4$ пять молей воды, изображается формулой $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, кристаллогидрат сульфата натрия (глауберова соль) - формулой $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

Таблица. Классификация солей по составу

| Средние (нормальные) | Кислые (гидросоли) | Основные (гидроксосоли) | Двойные | Комплексные |
|---|---|---|---|---|
| продукт полного замещения атомов водорода в кислоте на металл $AlCl_3$ | продукт неполного замещения атомов водорода в кислоте на металл $KHSO_4$ $CaHPO_4$ $NaH_2PO_4$ | продукт неполного замещения $OH^-$-групп основания на кислотный остаток $FeOHCl$ | содержат два разных металла и один кислотный остаток $KNaSO_4$ | содержат комплексный катион и/или комплексный анион $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ $K_3[Fe_3(CN)_6]$ |

### Химические свойства солей

1. Диссоциация: средние и двойные соли, растворимые в воде, диссоциируют полностью, у кислых и основных солей диссоциация происходит ступенчато. Растворимые соли, образованные хотя бы одним слабым электролитом, подвергаются гидролизу. Растворы таких солей могут иметь щелочную или кислую среду и взаимодействовать с индикаторами:

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

$$KNaSO_4 \rightarrow K^+ + Na^+ + SO_4^{2-}$$

$$KHSO_4 \rightleftharpoons K^+ + HSO_4^- \qquad HSO4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$$

$$FeOHCl \rightleftharpoons FeOH^+ + Cl^- \qquad FeOH^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + OH^-$$

$$AlCl_3 + H_2O \rightleftharpoons AlOHCl_2 + HCl$$

2. Разложение при нагревании.

Кристаллогидраты солей при нагревании теряют кристаллизационную воду:

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{t^o} CuSO_4 + 5H_2O$$

Гидрокарбонаты при нагревании (кальцинировании) переходят в карбонаты:

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^o} MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

Карбонаты, сульфиты, сульфаты при нагревании могут разлагаться на оксид металла и кислотный оксид:

$$CaCO_3 \xrightarrow{t^o} CaO + CO_2$$

Нитраты от щелочных металлов (кроме лития) до магния и нитрат никеля (II) разлагаются при нагревании на нитрит металла и кислород:

$$Ni(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} Ni(NO_2)_2 + O_2$$

Нитраты металлов после меди ($Hg(NO_3)_2$, $AgNO_3$) разлагаются до свободного металла, диоксида азота и кислорода:

$$Hg(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} Hg + 2NO_2 + O_2$$

Нитраты остальных металлов (в том числе лития, магния и меди) разлагаются на оксид металла, диоксида азота и кислород:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

Нитрат и нитрит аммония:

$$NH_4NO_3 \xrightarrow{t^o} N_2O + 2H_2O$$

$$NH_4NO_2 \xrightarrow{t^o} N_2 + 2H_2O$$

3. Взаимодействие с кислотами: если соль образована более слабой (летучей) кислотой, или в результате реакции выпадает осадок, соли вступают с кислотами в реакции обмена:

$$2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

$$CaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HCl\uparrow$$

Основные соли при действии кислот переходят в средние:

$$FeOHCl + HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2O$$

Средние соли, образованные многоосновными кислотами, при взаимодействии с ними образуют кислые соли:

$$Na_2SO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4.$$

4. Взаимодействие со щелочами. Со щелочами реагируют соли, катионам которых соответствуют нерастворимые гидроксосоли или основания.

$$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

$$2CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow (CuOH)_2SO_4\downarrow + Na_2SO_4$$

5. Взаимодействие с металлами: каждый предыдущий (более активный) металл в ряду напряжений вытесняет последующий за ним из раствора его соли:

$$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu\downarrow + FeSO_4$$

**Пример решения задачи на расчет массовой доли вещества**

Массовая доля вещества – отношение массы данного вещества в системе к массе всей системы: $\omega(X) = m(X)/m$,

где $\omega(X)$– массовая доля вещества X, выражается в долях от единицы или в процентах

m(X) – масса вещества X,

m – масса всей системы.

Задача: Выведите формулу кристаллогидрата сульфата железа (II) , если при прокаливании 3,5 г кристаллогидрата остаётся 1,91 г безводной соли.

Решение:

Дано: $m(FeSO_4 \cdot nH_2O)=3,5$ г; $m(FeSO_4)=1,91$ г. Найти: n-?

Составляем уравнение реакции: $FeSO_4 \cdot nH_2O \rightarrow FeSO_4 + nH_2O$

1 действие: Определяем количество вещества сульфата железа:

$\nu(FeSO_4) = m(FeSO_4)/ M(FeSO_4) = 1,91/152 = 0,0126$ моль

2 действие: Из уравнения реакции: $\nu(FeSO_4 \cdot nH_2O) = \nu(FeSO_4) = 0,01256$ моль.

3 действие: Рассчитываем молярную массу кристаллогидрата:

$M(FeSO_4 \cdot nH_2O) = m(FeSO_4 \cdot nH_2O)/ \nu(FeSO4 \bullet 7H2O) = 3,5 /0,0126 = 278$ г.

Количество моль кристаллизационной воды можно найти из формулы молярной массы: $M(FeSO_4 \cdot nH_2O) = M(FeSO_4) + n\ M(H_2O)$

$278 = 152 + 18\ n \qquad n = 7$

Ответ: $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

**Задачи для самостоятельной работы по теме «Соли» .**

Вариант 1.

1. Какая масса карбоната кальция образуется при кипячении раствора, содержащего 10 г гидрокабоната кальция?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 36,5 г соляной кислоты и гидроксида меди (II) массой 49 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если при прокаливании 2,1110 г кристаллогидрата остаётся 0,9470 г безводной соли.

Вариант 2.

1. Какая масса карбоната магния образуется при кипячении раствора, содержащего 10 г гидрокабоната магния?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 7,3 г соляной кислоты и гидроксида железа (III) массой 10,7 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида марганца (II), если при прокаливании 2,55 г кристаллогидрата остаётся 1,6226 г безводной соли.

Вариант 3.

1. Какая масса средней соли образуется при прокаливании 10 г $NaHCO_3$?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 36,5 г соляной кислоты и гидроксида меди массой 49 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата $Na_2RuO_4 \cdot nH_2O$ если при прокаливании 1,1450 г кристаллогидрата остаётся 1,0550 г безводной соли.

Вариант 4.

1. Какая масса кальцинированной соды образуется при прокаливании 10 г гидрокабоната натрия?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г серной кислоты и гидроксида калия массой 5,6 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата кальция, если при прокаливании 4,3044 г кристаллогидрата выделяется 0,9006 г воды.

Вариант 5.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата калия массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 4,9 г серной кислоты и гидроксида калия массой 5,6 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата фосфата железа (III), если при прокаливании 1,6700 г кристаллогидрата остаётся 1,1921 г безводной соли

Вариант 6.

1. Какая масса карбоната кальция подверглась термическому разложению, если объём выделившегося углекислого газа составил 3,36 л (н.у.)?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 4,9 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 4 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата $Na_2B_4O_7 \cdot nH_2O$ если при прокаливании 1,9071 г кристаллогидрата остаётся 1,0063 г безводной соли

Вариант 7.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата меди (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 4 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида магния, если при прокаливании 6,099 г кристаллогидрата выделяется 3,243 г воды

Вариант 8.

1. Какой объём диоксида азота (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата меди (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 12 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата $K_2OsO_4 \cdot nH_2O$ если при прокаливании 1,8440 г кристаллогидрата остаётся 1,6620 г безводной соли

Вариант 9.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата натрия массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 14,6 г соляной кислоты и гидроксида меди (II) массой 19,6 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида кальция, если при прокаливании 3,65 г кристаллогидрата выделяется 1,8 г воды

Вариант 10.

1. Какая масса карбоната бария образуется при кипячении раствора, содержащего 10 гидрокабоната бария?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора, содержащего 16 г гидроксида натрия, и углекислого газа объёмом 4,48 л (н.у.)?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата кальция, если при прокаливании 2,1522 г кристаллогидрата остаётся 1,7019 г безводной соли.

Вариант 11.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении $Pb(NO_3)_2$ массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 3,3 г сероводородной кислоты и гидроксида калия массой 5,6 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если при прокаливании 4,222 г кристаллогидрата выделяется 2,328 г воды.

Вариант 12.

1. Какая масса карбоната цинка подверглась термическому разложению, если объём выделившегося углекислого газа составил 2,24 л (н.у.)?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 24,5 г ортофосфорной кислоты и гидроксида кальция массой 18,5 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида магния, если при прокаливании 2,0333 г кристаллогидрата остаётся 0,9523 г безводной соли.

Вариант 13.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата железа (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г ортофосфорной кислоты и гидроксида магния массой 5,8 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата $Fe_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$, если при прокаливании 3,34 г кристаллогидрата выделяется 0,9558 г воды.

Вариант 14.

1. Какой объём диоксида азота (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата ртути (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 22,4 л (н.у.) сероводорода и такого же объёма аммиака?

3. Выведите формулу кристаллогидрата карбоната натрия, если при прокаливании 7,15 г кристаллогидрата остаётся 2,65 г безводной соли.

Вариант 15.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата серебра массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 8,96 л хлороводорода (н.у.) и гидроксида меди (II) массой 19,6 г?

3. Выведите формулу кристаллической соды $Na_2CO_3 \cdot nH_2O$, если при прокаливании 4,29 г кристаллогидрата выделяется 2,7 г воды.

Вариант 16.

1. Какая масса нитрата никеля подверглась термическому разложению, если в результате реакции выделился газ объёмом 2,24 л?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 36,5 г соляной кислоты и гидроксида меди (II) массой 98 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата магния, если при прокаливании 45,6 г кристаллогидрата остаётся 24 г безводной соли.

Вариант 17.

1. Какой объём углекислого газа выделяется при кипячении раствора, содержащего 10 г гидрокабоната магния?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 14,6 г соляной кислоты и гидроксида железа (III) массой 10,7 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата магния, если при прокаливании 22,8 г кристаллогидрата выделяется 10,8 г воды.

Вариант 18.

1. Какой объём газа выделяется при прокаливании 10 г карбоната кальция?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 36,5 г соляной кислоты и гидроксида меди массой 9,8 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата карбоната магния, если при прокаливании 2,07 г кристаллогидрата остаётся 1,26 г безводной соли.

Вариант 19.

1. Какой объём газа выделяется при прокаливании 10 г нитрата лития?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г серной кислоты и гидроксида рубидия массой 50 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата карбоната магния, если 41,7 г кристаллогидрата теряют при обезвоживании 16,2 г воды.

Вариант 20.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата серебра массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 40 г сернистой кислоты и гидроксида калия массой 56 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида марганца (II), если при прокаливании 10 г кристаллогидрата остаётся 6,363 г безводной соли.

Вариант 21.

1. Какая масса карбоната бария подверглась термическому разложению, если объём выделившегося углекислого газа составил 3,36 л (н.у.)?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 4,9 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 8 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида марганца (II), если при прокаливании 20 г кристаллогидрата выделяется 7,274 г воды.

Вариант 22.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата железа (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 16 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если при прокаливании 10 г кристаллогидрата выделяется 4,7 г воды.

Вариант 23.

1. Какой объём диоксида азота (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата магния (II) массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 9,8 г ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия массой 24 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если при прокаливании 20 г кристаллогидрата остается 10,6 г воды безводной соли.

Вариант 24.

1. Какой объём газа образуется при термическом разложении 10 г хлорида аммония?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии 14,6 г соляной кислоты и гидроксида меди (II) массой 19,6 г?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида бария, если при прокаливании 10 г кристаллогидрата выделяется 1,475 г воды.

Вариант 25.

1. Какой объём кислорода (н.у.) выделится при термическом разложении нитрата лития массой 10 г?

2. Какая масса соли образуется при взаимодействии раствора, содержащего 16 г гидроксида натрия, и углекислого газа объёмом 2,24 л (н.у.)?

3. Выведите формулу кристаллогидрата хлорида бария, если при прокаливании 5 г кристаллогидрата образуется 4,2625 г сухого остатка.

## Тема 6. Генетическая связь неорганических веществ

**Генетическая связь** — это связь между веществами разных классов, основанная на их взаимопревращениях и отражающая единство их происхождения.

**Генетический ряд -** ряд веществ–представителей разных классов неорганических соединений, являющихся соединениями одного химического элемента, связанных взаимопревращениями и отражающих общность происхождения этих веществ.

**Основные признаки генетических рядов**:

1. Все вещества одного ряда должны быть образованы одним химическим элементом: $Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow NaCl \rightarrow AgCl$ – генетический ряд хлора.

2. Вещества, образованные одним и тем же элементом, должны принадлежать к различным классам химических веществ.

3. Вещества, образующие генетический ряд элемента, должны быть связаны между собой взаимопревращениями. Ряд называется полным, если он начинается и заканчивается простым веществом, и неполным, если заканчивается другим веществом.

Выделяют следующие генетические ряды:

1. Генетический ряд металлов, гидроксиды которых являются основаниями (щелочами): металл → основный оксид → основание (щелочь) → соль

Например: $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2$

2. Генетический ряд металлов, которые образуют амфотерные гидроксиды:

металл → амфотерный оксид → соль → амфотерный гидроксид → соль

Например: $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2ZnO_2$

Оксид цинка с водой не взаимодействует, поэтому из него сначала получают соль, а затем гидроксид цинка. Так же поступают, если металлу соответствует нерастворимое основание.

3. Генетический ряд неметаллов (неметаллы образуют только кислотные оксиды):

неметалл → кислотный оксид → кислота → соль

Например: $P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4$

Переход от одного вещества к другому осуществляется с помощью химических реакций

**Задачи для самостоятельной работы по теме «Генетическая связь»**

1. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидроксида никеля (II), полученного из 15 г никеля:

$$Ni \rightarrow NiO \rightarrow NiSO_4 \rightarrow Ni(OH)_2$$

2. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидроксида меди (II), полученного из 13 г меди:

$$Cu \rightarrow CuO \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2$$

3.Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу висмута, полученного из 10 г исходной соли:

$$Bi(NO_3)_3 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3 \rightarrow Bi$$

4. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидроксида кобальта (II), необходимого для получения 20 г металлического кобальта:

$$Co(OH)_2 \rightarrow CoO \rightarrow Co \rightarrow CoCl_2$$

5. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу плюмбита натрия, полученного из 10 г металлического свинца:

$$Pb \rightarrow Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbO \rightarrow K_2PbO_2$$

6. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу фосфора, необходимого для получения 100 г ортофосфата калия:

$$P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4$$

7. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу хлорида серебра, полученного из 44,8 л хлора (н.у.):

$$Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow NaCl \rightarrow AgCl$$

8. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу хрома, необходимого для получения 10 г гидроксида хрома (III):

$$Cr \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3$$

9. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу оксида олова (II), необходимого для получения 10 г станнита натрия:

$$SnO \rightarrow SnSO_4 \rightarrow Sn(OH)_2 \rightarrow Na_2SnO_2$$

10. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу оксида железа (III), полученного из 10 г металлического железа

$$Fe \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3$$

11. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу хлорида кальция, полученного из 10 г металлического кальция:

$$Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2$$

12. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидроксида цинка, полученного из 10 г металлического цинка:

$$Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2$$

13. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу алюминия, необходимого для получения 10 г гидроксида алюминия:

$$Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3;$$

14. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу сульфита натрия, полученного из 32 г серы:

$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_3$$

15. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу серы, необходимой для получения 3,36 л триоксида серы (н.у.):

$$S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3$$

16. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу азотной кислоты, полученной из азота объёмом 8,96 л (н.у.):

$$N_2 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$$

17. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидрофосфита калия, полученного из 10 г фосфора:

$$P \rightarrow P_2O_3 \rightarrow H_3PO_3 \rightarrow K_2HPO_3$$

18. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу бромида натрия, полученного из 10 г брома:

$$Br_2 \rightarrow HBr \rightarrow NaBr \rightarrow Br_2$$

19. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу карбоната кальция, полученного из углекислого газа объёмом 2,24 л (н.у.):

$$C \rightarrow CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3$$

20. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу нитрита натрия, полученного из 10 г металлического натрия:

$$Na \rightarrow NaOH \rightarrow NaNO_3 \rightarrow NaNO_2$$

21. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу магния, необходимого для получения 10 г гидроксида магния:

$$Mg \rightarrow MgO \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(OH)_2$$

22. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу гидроксида бериллия, полученного из 10 г бериллия:

$$Be \rightarrow BeO \rightarrow BeCl_2 \rightarrow Be(OH)_2$$

23. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу кремниевой кислоты, полученной из 10 г кремния:

$$Si \rightarrow SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$$

24. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу нитрита аммония, полученного из азота объёмом 8,96 л (н.у.):

$$N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4NO_2 \rightarrow N_2$$

25. Напишите уравнения реакций для следующих превращений, рассчитайте массу лития, необходимого для получения сульфата лития массой 10 г:

$$Li \rightarrow Li_2O \rightarrow LiOH \rightarrow Li_2SO_4$$

**Дополнительные задачи:**

1. В 250 мл воды растворили 4,2 г лития, затем добавили 200 г 20% раствора сульфата меди (II). Определите массовую долю соли в полученном растворе.

2. К 100 г 8% раствора гидроксида натрия прилили раствор, содержащий 24 г сульфата меди. Осадок отфильтровали, высушили, прокалили и взвесили. Масса твердого остатка составила 7,6 г. Вычислить выход реакции в процентах от теоретически возможного.

3. В 500 г 10% раствора гидроксида натрия растворили 3,22 г. металлического натрия. Найти массовую долю гидроксида натрия в образовавшемся растворе.

## Список литературы

*Карапетьянц М.Х., Дракин С.И.* Общая и неорганическая химия.: учебник 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

*Глинка Н.Л.* Общая химия.: учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

*Глинка Н.Л.* Общая химия. Задачи и упражнения: учебно-практическое пособие. Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2014. 240 с.

*Хомченко И.Г.* Общая химия. Сборник задач и упражнений. Изд-во «Новая волна», 2011. 256 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО«Уральский государственный горный университет»

Р. А. Апакашев, В. В. Павлов

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

Утверждено Редакционно-издательским советом
Уральского государственного горного университета
в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2021

УДК 546
А76

Рецензенты: кафедра «Технология сварочного производства» механико-машиностроительного факультета УГТУ - УПИ, зав. кафедрой Шалимов М.П., профессор, д-р техн.наук; Фетисов А.В., ведущий научный сотрудник лаборатории статики и кинетики процессов Института металлургии УрО РАН, д-р хим. наук, Красиков С.А., ведущий научный сотрудник лаборатории пирометаллургии цветных металлов Института металлургии УрО РАН, д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

**Апакашев Р.А., Павлов В.В.**

А76 Теоретические основы общей химии: учебное пособие / Р.А. Апакашев, В.В. Павлов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд - во УГГУ, 2008. - 240 с.

Пособие соответствует дисциплине «Химия» направления 150400 «Технологические машины и оборудование» высшего профессионального образования для подготовки инженеров.

Рассмотрены энергетика и кинетика химических реакций, химическое равновесие, химия растворов, современные представления о строении атомов и различных типах химической связи, комплексные соединения, а также окислительно-восстановительные процессы, коррозия и защита металлов. Изложение теоретического материала сопровождается примерами решения прикладных задач, учитывающих специфику вуза горного профиля. Приведены контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения.

Учебное пособие предназначено для студентов первого курса, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование».

Рис. 23. Табл. 11. Библиогр. 7 назв.

УДК 546

© Уральский государственный горный университет, 2008
© Апакашев Р. А., Павлов В. В., 2008

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Для студентов высших технических учебных заведений изучение химии составляет часть учебной программы по избранной специальности. Причем такими специальностями в горном университете являются практически все, имеющие отношение к поиску, разведке, добыче и обогащению полезных ископаемых.

Дело в том, что химия, также как математика, физика является фундаментальной наукой. Практически в любой отрасли горного дела приходится сталкиваться с технологическими свойствами различных веществ, например, с их твердостью, прочностью, активностью при взаимодействии с другими веществами или устойчивостью к внешним условиям. В отечественной и зарубежной практике ведения горных работ все более широкое применение находит высокопроизводительная разработка месторождений полезных ископаемых, обеспечивающая полное извлечение и охрану недр с меньшими затратами на добычу минерального сырья и снижение отрицательного влияния на окружающую природную среду. Поэтому химия, как наука, имеет важное значение в образовательном процессе студентов специальности «Горные машины и оборудование», будущая профессиональная деятельность которых связана с решением вопросов технологии и техники экологически безопасной разработки месторождений в условиях высокопроизводительной механизированной добычи полезных ископаемых.

Успешный поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, оценка пригодности водного бассейна к практическому использованию, идентификация вещества, определение возраста горных пород, проектирование и создание высокотехнологичного горного оборудования тесно связаны с химической наукой. Уровень компетентности горного инженера будет несомненно выше, если он освоит в вузе и сумеет использовать в своей производственной деятельности базовые знания в области химии.

# Глава 1
# КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

## 1.1. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И МИНЕРАЛЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вещества, окружающие нас в природе и представленные в земной коре, принято делить на простые и сложные. Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента, сложные – из атомов различных элементов.

Традиционно простые вещества по физическим и химическим свойствам подразделяют на две группы: металлы и неметаллы. Для металлов обычно характерны металлический блеск, ковкость, тягучесть – свойства, как правило, отсутствующие у неметаллов. Однако основным критерием принадлежности простого вещества к той или иной группе является химический характер соединений, образующихся в результате взаимодействия этого вещества с кислородом и водой.

Среди сложных веществ, состоящих из атомов различных элементов, выделяют химические соединения неорганического и органического происхождения. В свою очередь, например, неорганические соединения могут классифицироваться по составу или по свойствам (функциональным признакам). Так, по составу возможно деление на бинарные, состоящие из атомов двух элементов, и многоэлементные соединения. К бинарным соединениям относятся оксиды, образующиеся при взаимодействии атомов химического элемента с кислородом:

$$2Cu + O_2 = 2CuO,$$

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3.$$

Важную группу сложных по составу соединений образуют гидроксиды. Гидроксиды можно рассматривать как соединения оксидов с водой. При этом

оксиды металлов обычно образуют основания, а оксиды неметаллов – кислоты:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 ,$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4 .$$

В состав молекулы основания входят ион металла и соответствующее его заряду число групп $OH^-$. Многие основания мало растворимы в воде. Хорошо растворимые основания, такие как NaOH, KOH, называют щелочами.

Молекулы кислот содержат один или несколько ионов водорода и кислотный остаток.

Между собой кислоты и основания реагируют с образованием солей, например:

$$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O.$$

Соль, молекула которой содержит основной остаток без ионов $OH^-$ (ион металла) и кислотный остаток без ионов $H^+$ является средней. С учетом зарядов остатков составляют формулу соли, помня, что молекула любого вещества электрически нейтральна. Так, основной остаток $Ca^{2+}$ образует с кислотным остатком $PO_4^{3-}$ среднюю соль $Ca_3(PO_4)_2$.

В тех случаях, когда для нейтрализации кислоты взято недостаточно основания, часть ионов водорода кислоты остается незамещенной на ионы металла. Образующиеся при этом соли, содержащие незамещенные ионы водорода исходной кислоты, называют кислыми. Например, кислые соли $NaHSO_4$ и $Ca(H_2PO_4)_2$ могут быть получены следующим образом:

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O,$$
$$2H_3PO_4 + Ca(OH)_2 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_2O.$$

В противоположном случае, при недостатке кислоты, образуются основные соли, содержащие гидроксильные группы исходного основания, не

замещенные на кислотные остатки. Например:

$$Al(OH)_3 + H_2SO_4 = AlOHSO_4 + 2H_2O,$$
$$Mg(OH)_2 + HCl = MgOHCl + H_2O.$$

Очевидно, что основные соли образуются основаниями, в состав молекулы которых входит несколько групп $OH^-$. Соответственно, образование кислых солей возможно для тех кислот, в молекуле которых более одного иона водорода.

Кроме средних, кислых и основных известны двойные соли, примерами которых могут служить $CaMg(CO_3)_2$ и $Ca_5(F,Cl)(PO_4)_3$. Как видно из приведенных формул, двойная соль содержит одновременно либо разные металлы при одном и том же кислотном остатке, либо разные кислотные остатки при одном и том же ионе металла.

Помимо основных и кислотных оксидов с соответствующими им гидроксидами известны амфотерные оксиды и гидроксиды, способные проявлять как кислотные, так и основные свойства.

Амфотерные гидроксиды, например, $Zn(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Sb(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, образуют соли при взаимодействии как с кислотами, так и с основаниями. При взаимодействии с кислотами амфотерные гидроксиды проявляют свойства оснований, а при взаимодействии с основаниями - свойства кислот:

$$Zn(OH)_2 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O,$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O \text{ (при спекании)},$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)]_4 \text{ (в растворе)}.$$

Большинство рассмотренных выше типов неорганических соединений встречается в земной коре в виде минералов. Агрегаты из различных минералов представляют собой горные породы. Известно, что в земной коре со-

держится около 3000 минералов. В таблице 1.1 приведены наиболее распространенные из них.

*Таблица 1.1*

**Распространенные минералы земной коры**

| Название минерала | Химическая формула | Название минерала | Химическая формула |
|---|---|---|---|
| Кальцит | $CaCO_3$ | Гематит | $Fe_2O_3$ |
| Халькопирит | $CuFeS_2$ | Малахит | $(CuOH)_2CO_3$ |
| Киноварь | $HgS$ | Пирит | $FeS_2$ |
| Корунд | $A1_2O_3$ | Перовскит | $CaTiO_3$ |
| Флюорит | $CaF_2$ | Кварц | $SiO_2$ |
| Галенит | $PbS$ | Тальк | $Mg_3(Si_2O_5)_2(OH)_2$ |
| Гипс | $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | Бирюза | $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$ |
| Галит | $NaCl$ | Вульфенит | $PbMoO_4$ |
| Доломит | $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ | Апатит | $Ca_5(F,Cl)(PO_4)_3$ |

Каждый минерал обладает определенным химическим составом, исходя из которого он может быть отнесен к конкретному классу химических соединений. Так, состав минерала галенита PbS отвечает средней соли, доломита $CaMg(CO_3)_2$ и апатита $Ca_5(F,Cl)(PO_4)_3$ - двойной соли, а состав малахита $(CuOH)_2CO_3$ – основной соли. Есть минералы, являющиеся по своему составу гидроксидами: сассолин $H_3BO_3$ - кислотный гидроксид, брусит $Mg(OH)_2$ - основной гидроксид. Любой минерал характеризуется вполне определенными химическими свойствами, соответствующими свойствам того класса соединений, к которому он может быть отнесен. Поэтому, например, ориентируясь в химических свойствах солей, как класса соединений, можно охарактеризовать типичные химические свойства всех тех минералов, состав которых выражается формулой соли.

## 1.2. НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Номенклатура неорганических соединений – важная часть знаний в области химии. Название химического соединения может отражать его состав, т.е. эмпирическую формулу. Такое название относят к систематическим. В настоящее время общепринятой является систематическая номенклатура Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Кроме систематических на практике применяются устоявшиеся традиционные или тривиальные (условные) названия.

Рассмотрим примеры систематической номенклатуры различных соединений, сопровождая их традиционными названиями.

**Оксиды.** В номенклатуре ИЮПАК оксидам придают характерный суффикс «ид». Для отражения стехиометрии возможны два варианта: либо указывать степень окисления римскими цифрами, либо использовать префиксы, образованные от греческих числительных. Например:

NO – оксид азота (II) (монооксид азота); $NO_2$ – оксид азота (IV) (диоксид азота); $N_2O_5$ – оксид азота (V) (пентаоксид диазота);

$Fe_3O_4$ – оксид железа (III) (тетраоксид трижелеза);

CO – оксид углерода (II) (монооксид углерода); $CO_2$ – оксид углерода (IV) (диоксид углерода).

Термин «смешанные оксиды» не рекомендуется, следует использовать название «двойные оксиды». Названия двойных оксидов можно образовать следующим образом: $Cr_2CuO_4$ – оксид меди (II) – дихрома (III) или тетраоксид меди – дихрома.

**Основания.** Названия основных гидроксидов образуются из слова «гидроксид» и названия элемента в родительном падеже. После названия элемента, способного проявлять в химических соединениях различную степень окисления, в скобках римскими цифрами указывается ее значение. Например:

LiOH – гидроксид лития, $Ba(OH)_2$ – гидроксид бария, $Fe(OH)_2$ – гид-

роксид железа (II), $Fe(OH)_3$ - гидроксид железа (III), $Mn(OH)_4$ – гидроксид марганца (IV).

**Кислоты.** Названия кислот, не содержащих в своем составе кислород, образуют как для соединений водорода, придавая анионам суффикс «ид»: HCl – хлорид водорода, $H_2S$ – сульфид водорода, HCN – цианид водорода, $HN_3$ – азид водорода. Наряду с систематическими названиями в современной номенклатуре сохраняются и традиционные названия. Так, водные растворы галогенидов водорода называют: HF – фтороводородная кислота (плавиковая кислота), HCl – хлороводородная кислота (соляная кислота), HJ – иодоводородная кислота.

Кислоты, образованные из многоатомных анионов, чаще всего являются кислородсодержащими кислотами. Для этих кислот обычно применяются традиционные несистематические названия. В табл. 1.2 приведены названия наиболее известных кислот и их солей.

Названия солей составляют из названия аниона кислоты в именительном падеже и названия катиона в родительном падеже (хлорид натрия, сульфат меди и т. п.). При этом название аниона производят от корня латинского наименования образующего кислоту элемента. Степень окисления иона металла указывают, если необходимо, римскими цифрами в скобках.

В случае бескислородных кислот название аниона имеет окончание «ид». Например, соли NaBr, FeS, KCN соответственно называются бромид натрия, сульфид железа (II), цианид калия.

Названия анионов кислородсодержащих кислот получают окончания и приставки в соответствии со степенью окисления образующего кислоту элемента. Высшей степени окисления («... ная» или «... овая» кислота) отвечает окончание «ат». Так, соли серной кислоты $H_2SO_4$ называются сульфатами, хромовой $H_2CrO_4$ - хроматами и т. д. Более низкой степени окисления («... истая» кислота) соответствует окончание «ит». Например, соли сернистой кислоты $H_2SO_3$ - сульфиты, азотистой $HNO_2$ - нитриты и т. д.

*Таблица 1.2*

**Распространенные кислоты и их соли**

| Кислота | | Названия соответствующих средних солей |
|---|---|---|
| формула | название | |
| $HNO_3$ | Азотная | Нитраты |
| $HNO_2$ | Азотистая | Нитриты |
| $H_3BO_3$ | Борная | Бораты |
| $H_2SiO_3$ | Кремниевая | Силикаты |
| $HMnO_4$ | Марганцовая | Перманганаты |
| $H_3PO_3$ | Фосфористая | Фосфиты |
| $HPO_3$ | Метафосфорная | Метафосфаты |
| $H_3PO_4$ | Ортофосфорная | Ортофосфаты (фосфаты) |
| $H_4P_2O_7$ | Пирофосфорная | Пирофосфаты |
| $H_3AsO_3$ | Мышьяковистая | Арсениты |
| $H_3AsO_4$ | Мышьяковая | Арсенаты |
| $H_2SO_3$ | Сернистая | Сульфиты |
| $H_2SO_4$ | Серная | Сульфаты |
| $H_2CO_3$ | Угольная | Карбонаты |
| HF | Плавиковая | Фториды |
| $HC1O_4$ | Хлорная | Перхлораты |
| $HClO_3$ | Хлорноватая | Хлораты |
| HClO | Хлорноватистая | Гипохлориты |
| HCl | Соляная | Хлориды |
| $H_2CrO_4$ | Хромовая | Хроматы |

В том случае, если существует кислота с еще более низкой степенью окисления кислотообразующего элемента («... оватистая» кислота), ее анион получает приставку «гипо» и окончание «ит». Так, соли хлорноватистой кислоты HC1O называют гипохлоритами.

Соли некоторых кислот в соответствии с исторически сложившейся

традицией сохранили названия, отличающиеся от систематических. Например, соли марганцовой ($HMnO_4$), хлорной ($HClO_4$), йодной ($HIO_4$) кислот называют соответственно перманганатами, перхлоратами и перйодатами. В связи с этим соли марганцовистой ($H_2MnO_4$), хлорноватой ($HClO_3$) и йодноватой ($HIO_3$) кислот носят названия манганатов, хлоратов и йодатов.

Названия кислых солей образуют так же, как и средних, но при этом добавляют приставку «гидро», указывающую на наличие незамещенных атомов водорода, число которых обозначают греческими числительными (ди, три и т. д.). Например, $Ba(HCO_3)_2$ - гидрокарбонат бария, $NaH_2PO_4$ дигидроортофосфат натрия, KHS - гидросульфид калия.

Названия основных солей тоже образуют подобно названиям средних солей, но при этом добавляют приставку «гидроксо», указывающую на наличие незамещенных гидроксогрупп. Так, FeOHCl - хлорид гидроксожелеза (II), $(NiOH)_2SO_4$ сульфат гидроксоникеля (II), $A1(OH)_2NO_3$ - нитрат дигидроксоалюминия.

## 1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Напишите химические формулы следующих соединений:

а) хлорид железа (III), фосфат натрия, хлорид бария, хромат калия, сульфат железа (II), гидроксид калия, хлорид стронция, серная кислота, нитрат кобальта (II), гидроксид бария, бромид марганца (II), сульфид аммония;

б) нитрат свинца (II), сероводород, сульфат натрия, нитрат серебра, хлорид титана (IV), нитрат серебра, хлорид висмута (III), сульфид натрия, сульфат никеля (II), нитрит свинца, хлорид натрия, хлорид алюминия, сульфат серебра, фосфат цезия, сульфат алюминия, нитрат железа (II), фосфат кальция;

в) соляная кислота, сульфид сурьмы (III), силицид магния, серная кислота, фосфид кальция, азотная кислота, карбид кальция, нитрид магния, арсенид цинка, карбид алюминия, фосфорная кислота, гидросульфат натрия,

сернистая кислота, гидрокарбонат кальция, бромистоводородная кислота, цианид натрия, оксалат калия;

г) хлорид аммония, гидроксид лития, диоксид углерода, сульфид рубидия, ортофосфат натрия, сульфат меди, нитрат алюминия, нитрат цинка, хлорид магния, сульфид хрома (III), оксалат железа (II).

2. Назовите следующие химические соединения:

а) $NaClO_3$, $K_3PO_4$, $TiBr_3$, $Ba(HSO_3)_2$, $Zn(CN)_2$, CaO, NaBr, $H_2C_2O_4$, $MnO_2$, $H_2SO_4$, $Na_2S$, $Na_2Cr_2O_7$, $KCO_4$, $Sb_2(SO_4)_3$, $MgI_2$, $NaNO_2$, $NH_4OH$;

б) $H_2S$, MnS, $HNO_3$, $Mn(NO_3)_2$, NO, $Cu_2O$, $NO_2$ , $Mn(NO_3)_2$, $PbO_2$, $HMnO_4$, $H_2SeO_3$, $SnCl_2$, $Na_2WO_4$, $SnCl_4$, $Na_2CrO_4$, $C1O_2$, $Hg_2SO_4$, $AsH_3$, $Na_2SO_3$.

# Глава 2
# НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## 2.1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горение угля – пример одной из многих реакций, протекающих с выделением энергии. Согласно закону сохранения, энергия не исчезает бесследно и не возникает из ничего. Поэтому тепловая энергия, выделяемая при горении, поступает в окружающую среду. Такие химические реакции, сопровождающиеся выделением теплоты в окружающую среду, называются **экзотермическими**. Противоположные им в этом отношении процессы, протекающие с поглощением теплоты, являются **эндотермическими.**

Многие химические реакции, в частности реакции, протекающие на поверхности земной коры, идут при практически постоянном атмосферном давлении. Для химических реакций, происходящих при постоянном давлении, пользуются специальной термодинамической функцией, называемой **"энтальпия"** (обозначается латинской буквой Н). Дело в том, что **изменение энтальпии (ΔН) в ходе процесса, протекающего при постоянном давлении, равно количеству тепловой энергии, выделяемой или поглощаемой системой в ходе этого процесса.**

Рассмотрим такой пример. Один моль каменного угля при 20 °С и атмосферном давлении имеет определенное значение энтальпии. Если удвоить количество угля, взяв 2 моля, энтальпия также удвоится. Энтальпия является экстенсивным свойством системы, то есть свойством, зависящим от количества вещества. Поэтому можно говорить об энтальпии, приходящейся на один моль вещества.

Заметим, что энтальпия зависит от физического состояния вещества. Например, энтальпия угля при 50 °С отличается от его энтальпии при 20 °С.

Если же оговорить конкретные условия, энтальпия оказывается вполне определенной величиной. При этом нет необходимости указывать, каким образом вещество приведено к данным условиям, имеет значение лишь конкретное рассматриваемое состояние.

Свойства системы, зависящие только от конкретных условий состояния, но не зависящие от пути достижения этого состояния, называются **функциями состояния.** Энтальпия и является такой функцией, также как, например, механическая потенциальная энергия. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли, является функцией состояния, зависящей от высоты подъема. Величина потенциальной энергии не зависит от того, по какому пути (траектории) поднимали тело до занимаемого конечного положения. Изменение потенциальной энергии зависит только от начального и конечного положения тела.

При протекании химической реакции энтальпии продуктов отличаются от энтальпий исходных реагентов. Изменение энтальпии в произвольной реакции ($\Delta H_{реакции}$) представляет собой разность между суммарной энтальпией продуктов и суммарной энтальпией исходных реагентов:

$$\Delta H_{реакции} = \Sigma H_{продукты\ реакции} - \Sigma H_{исходные\ реагенты}.$$

Если суммарная энтальпия продуктов меньше, чем суммарная энтальпия исходных реагентов, величина $\Delta H$ отрицательна ($\Delta H < 0$). При отрицательном изменении энтальпии переход от исходных веществ к продуктам сопровождается выделением теплоты, то есть реакция является экзотермической. В том случае, когда $\Delta H > 0$, реакция является эндотермической (рис. 2.1).

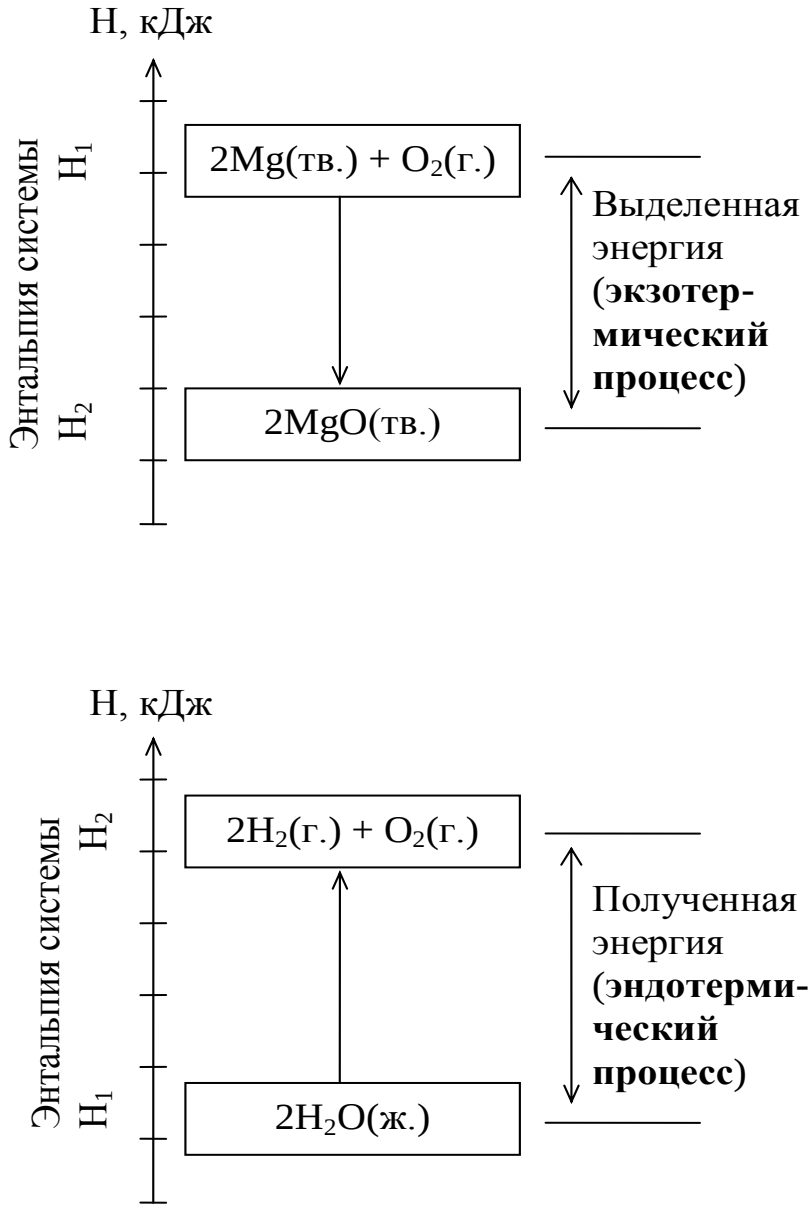



Рис. 2.1. Энергетическая схема теплового эффекта химической реакции

Изменение энтальпии в ходе процесса проявляется выделением тепла, световым излучением или другими способами. Так, экспериментально установлено, что сгорание 1 моля метана при постоянном давлении сопровождается выделением 802 кДж тепловой энергии. Это может быть записано следующим образом:

$$CH_4(г) + 2O_2(г) = CO_2(г) + 2H_2O(г) \quad \Delta H = -\ 802\ кДж/моль. \qquad (2.1)$$

Отрицательное значение ΔH указывает на то, что процесс является экзотермическим. Отметим, что изменение энтальпии прямой реакции равно по величине, но противоположно по знаку изменению энтальпии обратной реакции.

ΔH реакции зависит от состояния исходных веществ и продуктов их взаимодействия. Так, если в реакции горения метана (уравнение 2.1) вода была бы жидким, а не газообразным продуктом, то изменение энтальпии составило бы - 890 кДж/моль вместо - 802 кДж/моль. В случае конденсации во внешнюю среду передается большее количество теплоты, потому что при конденсации 2 молей воды из пара в жидкое состояние дополнительно выделяется еще 2·44 = 88 кДж:

$$H_2O(г) = H_2O(ж) \quad \Delta H = - 44 \text{ кДж/моль.}$$

Следовательно, в уравнениях химических реакций для учета изменений энергии необходимо указывать состояния исходных реагентов и продуктов реакции. Обычно предполагается, что исходные реагенты и продукты находятся при одинаковой температуре, как правило, равной 25 °С.

Значения ΔH реакций образования (теплот образования) различных веществ приводятся в специальных справочных таблицах. Причем соответствующие величины указываются для **стандартных условий** (Т = 298 К, Р = = 1 атм.). Дело в том, что абсолютное значение энтальпии определить невозможно, опытным путем определяется только изменение этой величины (ΔH). Поэтому для удобства соответствующие величины приводятся к одной шкале, началом отсчета в которой и служит стандартное состояние.

Стандартная теплота образования простых веществ считается равной нулю. При этом простые вещества рассматриваются в том агрегатном состоянии и в той модификации, в какой они устойчивы при стандартных условиях. Так, нулевой является стандартная теплота образования простых веществ -

кислорода $O_2$, железа Fe, водорода $H_2$ и т.д. Однако стандартное изменение энтальпии реакции образования озона $O_3$ не равно нулю, потому что для его образования из устойчивых в стандартном состоянии молекул кислорода $O_2$ требуются энергетические затраты. По этой же причине не равно нулю и стандартное изменение энтальпии реакции образования алмаза из графита:

$$C(\text{графит}) = C(\text{алмаз}) \quad \Delta H = 1{,}89 \text{ кДж/моль}.$$

В случае химических соединений стандартной теплотой образования называют тепловой эффект химической реакции образования одного моля соединения из простых веществ.

Например, стандартная теплота образования кальцита $CaCO_3$ в кристаллическом состоянии представляет собой тепловой эффект следующей реакции (в стандартных условиях):

$$Ca(к) + C(\text{графит}) + 1{,}5O_2(г) = CaCO_3(к) \quad \Delta H = -1206 \text{ кДж/моль}.$$

По справочным данным о стандартной теплоте образования веществ можно вычислять стандартные изменения энтальпии практически любых реакций. Для этого необходимо просуммировать теплоты образования всех продуктов реакции, умножив теплоту образования каждого вещества на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении реакции, и затем вычесть из этой суммы аналогичную сумму теплот образования всех исходных реагентов.

Например, пользуясь справочными данными о теплоте образования, определим стандартное изменение энтальпии $\Delta H^0$ для реакции горения этана:

$$C_2H_6(г) + 3{,}5O_2(г) = 2CO_2(г) + 3H_2O(г).$$

| Вещество | $C_2H_6$(г) | $CO_2$(г) | $H_2O$(г) |
|---|---|---|---|
| $\Delta H^0_{обр.}$, кДж/моль | - 88,6 | - 393,5 | - 241,8 |

$\Delta H^0_{реакции} = [2\Delta H^0_{обр.}(CO_2(г)) + 3\Delta H^0_{обр.}(H_2O(г))] - [\Delta H^0_{обр.}(C_2H_6(г)) + 3{,}5\Delta H^0_{обр.}(O_2(г))] = [2(-393{,}5) + 3(-241{,}8)] - [-88{,}6 + 3{,}5\cdot 0] = -1512{,}4 + 88{,}6 = -1423{,}8$ кДж/моль.

Добавим, что по известному тепловому эффекту реакции образования вещества в одном агрегатном состоянии, можно вычислить тепловой эффект реакции его образования в другом агрегатном состоянии, например:

$$\Delta H°(г) = \Delta H°(к) + \Delta H°(возг.) = \Delta H°(ж) + \Delta H°(исп.);$$

$$\Delta H°(ж) = \Delta H°(т) + \Delta H°(пл);\ \Delta H°(возг.) = \Delta H°(пл.) + \Delta H°(исп.),$$

где $\Delta H°$(пл), $\Delta H°$(возг), $\Delta H°$(исп) - теплоты плавления, возгонки и испарения в расчете на один моль вещества.

## 2.2. САМОПРОИЗВОЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Таблица Менделеева содержит более ста химических элементов. В настоящее время 109 из них получили международное название. Большинство элементов встречается в земной коре в виде химических соединений – различных минералов. Количество известных минералов составляет только около трех тысяч. Это намного меньше, чем число теоретически возможных комбинаций атомов различных элементов в виде химических соединений. Подобное несоответствие объясняется тем, что не все химические элементы реагируют друг с другом или, то же самое, не все химические реакции протекают в реальных условиях.

Фундаментальный закон сохранения энергии свидетельствует, что при любых процессах энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно. Все известные виды энергии взаимно превращаются в строго эквивалентных количествах. Это означает, что в таких процессах, как дробление руды, плавление металла или в химической реакции, энергия не создается и не уничтожается, а только передается от одного тела к другому или превращается из одной формы в другую, в сумме оставаясь постоянной.

Однако закон сохранения энергии не отвечает на вопрос, почему процесс, связанный с превращением энергии из одного вида в другой, протекает именно в данном направлении? Реальные процессы протекают только в определенном направлении и, не изменив условий, нельзя реализовать обратное протекание процесса.

Например, такие процессы как переход теплоты от тела с более высокой температурой к контактирующему с ним менее нагретому телу, превращение работы в теплоту при трении, смешение газов и другие процессы протекают с конечной скоростью. С наступлением равновесия (например, при выравнивании температуры тел, обменивавшихся энергией в форме теплоты, при образовании однородной смеси газов и т. д.) процесс заканчивается.

Процессы, протекающие без воздействия внешних сил и приближающие систему к состоянию равновесия, называются **самопроизвольными**. Очевидно, что обратные по направлению процессы, удаляющие систему от равновесия, без внешнего побуждающего воздействия пойти не могут. Такие процессы являются **несамопроизвольными.** Природные явления свидетельствуют, что процессы, самопроизвольно протекающие в одном направлении, не являются самопроизвольными в обратном направлении.

Так, выпущенные из рук предметы падают на землю, нагретые тела остывают до температуры окружающей среды, сжатая пружина стремится принять исходную форму. Эти и многие другие явления, например, выветривание и изменение состава горных пород, характеризуются тем, что соответствующие системы самопроизвольно стремятся достичь состояния, в котором

они обладают минимумом энергии.

Тенденция к достижению минимума потенциальной энергии является одной из движущих сил, определяющих протекание химических реакций. Аналогично тому, как физическое тело обладает потенциальной энергией благодаря своему положению относительно поверхности земли, так и химические вещества обладают запасом потенциальной энергии, определяемым взаимным расположением ядер и электронов. При изменениях этого расположения в результате химической реакции может высвобождаться энергия. Например, самопроизвольный процесс горения природного газа сопровождается значительным экзотермическим эффектом, так как атомы углерода и водорода, образующие углеводороды, в результате реакции горения переходят в кислородные соединения ($CO_2$ и $H_2O$).

Добавим, что, тем не менее, известно достаточно большое количество процессов, являющихся самопроизвольными, но не относящихся к экзотермическим. Так, самопроизвольно происходит плавление льда при комнатной температуре, несмотря на то, что данный процесс является эндотермическим. К подобным самопроизвольным процессам относится и эндотермическое растворение многих солей (NaCl, $Ba(ClO_3)_2$ и т. д.) в воде. Расширение идеального газа в вакуум также происходит самопроизвольно, причем в изотермических условиях протекания данного процесса энергия системы не меняется.

Приведенные выше примеры процессов плавления льда, растворения солей и расширения идеального газа имеют общую причину самопроизвольного протекания. Эта причина не связана с характером изменения энтальпии системы в ходе процесса. Дело в том, что во всех трех рассмотренных случаях конечное состояние системы отличается большей хаотичностью или неупорядоченностью, чем исходное состояние. Например, молекулы воды, образующие лед, расположены в узлах кристаллической решетки. При плавлении происходит разрушение кристаллической структуры и молекулы получают возможность свободного перемещения относительно друг друга. Поэтому

распределение отдельных молекул в жидкой воде имеет б**о**льшую неупорядоченность, чем в ее твердом состоянии. Аналогичная ситуация возникает при растворении солей или при расширении газа. Следовательно, уменьшение внутренней энергии системы не является единственным фактором, определяющим возможность самопроизвольного протекания процесса. Самопроизвольное протекание процесса также может быть связано с повышением неупорядоченности системы.

Для характеристики степени неупорядоченности системы используется термодинамическая функция, называемая **энтропией** (обозначается символом S). Чем выше хаотичность системы и меньше степень порядка в ней, тем больше значение ее энтропии. Как и энтальпия, энтропия является функцией состояния. Размерность энтропии [Дж/(моль·град)]. Изменение энтропии в ходе процесса зависит только от исходного и конечного состояний системы, но не зависит от пути, по которому система переходит из одного состояния в другое: $\Delta S = S_{кон.} - S_{нач.}$ .

Энтропия относится к экстенсивным величинам. Ее значение зависит от количества вещества в системе. Энтропия подчиняется закону аддитивности, то есть энтропия равновесной системы равна сумме энтропий ее отдельных частей, а изменение энтропии всей системы равно сумме изменений энтропии ее частей. Изменение энтропии в сложном процессе равно сумме изменений энтропии в отдельных стадиях процесса (рис. 2.2).

## 2.3. ЭНТАЛЬПИЙНЫЙ И ЭНТРОПИЙНЫЙ ФАКТОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. ЭНЕРГИЯ ГИББСА

Вернемся к обсуждению двух основных факторов, определяющих направление самопроизвольно протекающих реакций. Один из этих факторов - стремление к достижению минимума энергии системы. Мерой данного

стремления в химических процессах, реализуемых в условиях постоянного давления, является изменение энтальпии ΔH. Второй фактор - стремление изолированной системы (нет обмена с внешней средой веществом и энергией) к достижению в ходе процесса наиболее вероятного неупорядоченного и хаотического состояния. При химическом взаимодействии данная тенденция проявляется в стремлении к распаду веществ на более простые, к образованию молекул меньшего размера и к равномерному их распределению по всему

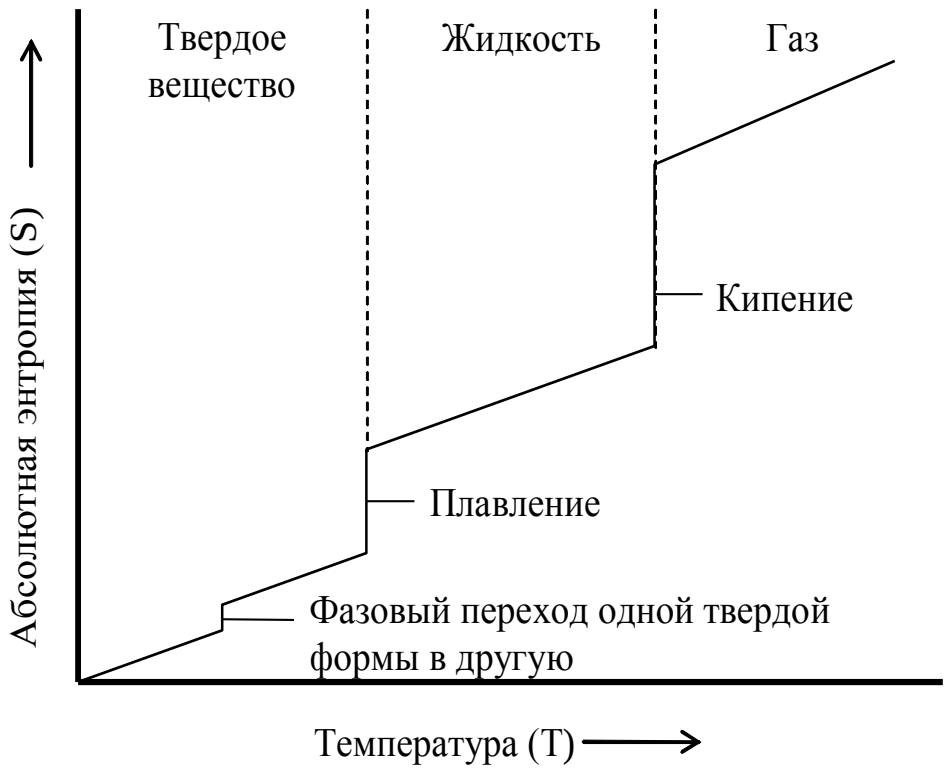



Рис. 2.2. Схема изменения энтропии при повышении температуры вещества

объему системы. Мерой этого стремления является изменение энтропии ΔS, которое происходит в результате таких процессов.

Многие природные процессы протекают в открытых системах, способных обмениваться с окружающей средой веществом и энергией. При протекании химических реакций в открытой системе энтропийному фактору,

действующему в направлении "распыления" частиц и рассеяния вещества, противостоит энтальпийный фактор. Последний действует в направлении агрегации частиц, перераспределения энергии химических связей и межмолекулярного взаимодействия для уменьшения общего запаса энергии системы.

Заключение о возможности самопроизвольного протекания химического процесса в определенном направлении можно получить, рассматривая разность между энтальпийным и энтропийным факторами в виде изменения новой функции $\Delta G$:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

Если величина $\Delta G$ имеет отрицательный знак ($\Delta G < 0$), то в этом случае соответствующий процесс принципиально осуществим и абсолютное значение разности $\Delta H - T\Delta S$ характеризует движущую силу этого процесса.

В том случае, когда величина $\Delta G$ положительна ($\Delta G > 0$), химическая реакция самопроизвольно протекать не может. Осуществимой будет обратная реакция, для которой $\Delta G$ имеет отрицательное значение.

Подобно тому, как электрический ток течет в направлении от более высокого электрического потенциала к более низкому, так и химическая реакция самопроизвольно протекает только в таком направлении, при котором величина $G_1$ в исходном состоянии системы больше, чем соответствующая величина $G_2$ в конечном состоянии, то есть $\Delta G < 0$.

Величину $G = H - TS$ называют **свободной энергией Гиббса** в честь физика Д. Гиббса, показавшего возможность нахождения критерия направленности самопроизвольных процессов в открытых системах.

Энергия Гиббса является таким же свойством вещества или системы в целом, как и энтальпия H, и энтропия S. Для химических реакций, протекающих при P = const и T = const, изменение энергии Гиббса $\Delta G$ не зависит от пути, по которому протекает процесс, а полностью определяется составом и

состоянием исходных веществ и продуктов реакции, т. е. энергия Гиббса является функцией состояния системы.

## 2.4. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ЭНЕРГИИ ГИББСА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

Для определения направления протекания реакции или для предсказания возможности ее протекания в стандартных условиях используют изменение стандартной энергии Гиббса $\Delta G^o$. Численное значение величины $\Delta G^o$ реакции позволяет судить, будут ли в стандартных условиях исходные реагенты самопроизвольно реагировать с образованием продуктов (если $\Delta G^o < 0$) или нет (если $\Delta G^o > 0$).

Значения изменений стандартной энергии Гиббса реакций образования ($\Delta G^o_{обр.}$) определены для большого числа веществ и занесены в справочники. Причем точно так же, как и для стандартных теплот образования, изменения энергии Гиббса для реакций образования простых веществ в их стандартных состояниях полагают равными нулю. Этот выбор точки отсчета не влияет на величину разности энергий продуктов реакции и исходных веществ.

С помощью значений $\Delta G^o_{обр.}$ можно вычислять изменение стандартной энергии Гиббса для произвольного химического процесса. Так, если записать уравнение химической реакции в общем виде:

$$aA + bB + \ ... \ \rightarrow \ cC + dD + ...,$$

то изменение стандартной энергии Гиббса с учетом стехиометрических коэффициентов a, b, c, d будет определяться выражением:

$$\Delta G^o = [c\Delta G^o_{обр.}(C) + d\Delta G^o_{обр.}(D) + \ldots] - [a\Delta G^o_{обр.}(A) + b\Delta G^o_{обр.}(B) + \ldots].$$

В качестве примера, используя табличные данные, определим, может ли тонкодисперсный порошок сидерита в процессе длительного хранения на воздухе самопроизвольно переходить в магнетит:

$$3FeCO_3(к) + 0{,}5O_2(г) \rightarrow Fe_3O_4(к) + 3CO_2(г).$$

сидерит магнетит

| Вещество | $FeCO_3$ (к) | $O_2$(г) | $Fe_3O_4$(к) | $CO_2$(г) |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta G^o_{обр.}$, кДж/моль | -674,6 | 0,0 | -1014,2 | -394,4 |

Стандартное изменение энергии Гиббса для рассматриваемой реакции определяется выражением:

$$\Delta G^o = [\Delta G^o_{обр.}(Fe_3O_4) + 3\Delta G^o_{обр.}(CO_2)] - [3\Delta G^o_{обр.}(FeCO_3) + 0{,}5\Delta G^o_{обр.}(O_2)] =$$

$$= [-1014{,}2 + 3(-394{,}4)] - [3(-674{,}6) + 0{,}5(0{,}0)] = -173{,}6 \text{ кДж/моль}.$$

Поскольку расчетное значение $\Delta G^o$ реакции отрицательно, сидерит в стандартных условиях (Т = 298 К, Р = 1 атм.) может самопроизвольно реагировать с кислородом, образуя магнетит. Однако полученное заключение ничего не говорит о скорости протекания реакции.

Если сделать упрощение и допустить, что $\Delta H°$ и $\Delta S°$ реакции не зависят от температуры, можно определить изменение стандартной энергии Гиббса при различных температурах:

$$\Delta G^o_T = \Delta H°_T - T\Delta S°_T.$$

Например, вычислим изменение стандартной энергии Гиббса реакции термического разложения минерала смитсонита ($ZnCO_3$) при температурах

400 К и 600 К:

$$ZnCO_3(к) \rightarrow ZnO(к) + CO_2(г),$$

| Вещество | $ZnCO_3$(к) | ZnO(к) | $CO_2$(г) |
|---|---|---|---|
| $\Delta H°$, кДж/моль | -810,7 | -350,6 | -393,5 |
| S°, Дж/(моль·К) | 92,4 | 43,6 | 213,7 |

$$\Delta G^o_T = [\Delta H°(ZnO) + \Delta H°(CO_2) - \Delta H°(ZnCO_3)] -$$
$$- T[S°(ZnO) + S^o(CO_2) - S°(ZnCO_3)].$$

$$\Delta G^o_T = (- 350,6 - 393,5 + 810,7) - T(43,6 + 213,7 - 92,4)10^{-3} = 66,6 - 0,165T.$$

$$\Delta G^o_{400} = 66,6 - 0,165 \cdot 400 = 0,6 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta G^o_{600} = 66,6 - 0,165 \cdot 600 = - 32,4 \text{ кДж/моль.}$$

При 400 К значение $\Delta G^o$ положительно, разложение смитсонита на оксид металла и углекислый газ не происходит. При 600 К значение $\Delta G^o$ отрицательно, следовательно, рассматриваемая реакция будет протекать самопроизвольно.

## 2.5. ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Технология подземной газификации угля - перспективный способ разработки угольных месторождений. Данный способ применим для угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями залегания, и позволяет совместить добычу, обогащение и переработку угля.

Все технологические операции по газификации угольного пласта осуществляют с земной поверхности, без применения подземного труда работающих. Суть технологии подземной газификации угля заключается в бурении с поверхности земли скважин до угольного пласта с последующей сбойкой. Затем инициируют управляемый очаг горения угольного пласта и создают условия для превращения угля в горючий газ, который поступает по скважинам на земную поверхность (рис. 2.3).

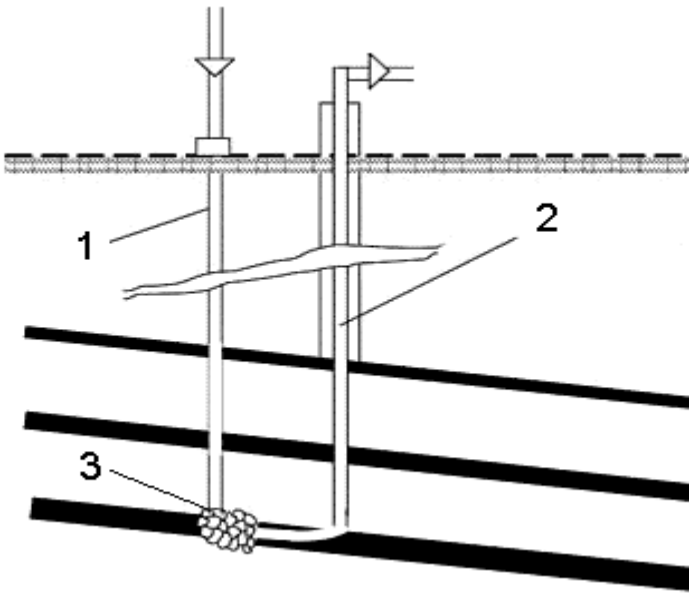



Рис. 2.3. Схема подземной газификации угля:
1 – скважина для воздушного или парокислородного дутья; 2- скважина для отвода продуктов газификации угля; 3 – очаг горения

Расчетный состав газа, производимого на предприятии подземной газификации угля, характеризуется следующими диапазонами изменения содержания отдельных компонентов газа:

а) при использовании воздушного дутья: $CO_2$ - 12,0-15,3 %; $C_mH_n$ - 0,1-0,7 %; $O_2$ - 0,2 %; CO - 10,0-14,0 %; $H_2$ - 12,1-16,2 %; $CH_4$ - 2,0-4,0 %; $N_2$ - 55,0-60,0 %; $H_2S$ - 0,01-0,06 %.

В случае применения для нагнетания в газифицируемый угольный пласт воздушного дутья получается низкокалорийный газ с теплотворной способ-

ностью порядка 4 МДж/м$^3$. Данный горючий газ пригоден для применения в газотурбинных установках, котельных и ТЭЦ;

б) при использовании парокислородного дутья: CO - 35,0 %; $H_2$ - 50,0 %; $CH_4$ - 7,5 %; $C_mH_n$ - 1,2 %; $O_2$ - 0,3 %; $N_2$ - 5,0 %. В случае применения в технологии газификации угля парокислородного дутья получается среднекалорийный газ с теплотворной способностью 10-13 МДж/м$^3$.

Сегодня практически во всех крупных угледобывающих странах мира интерес к подземной газификации угля возрастает. Данная технология является весьма эффективной и ее реализация рассматривается как возможность получения недорогого газообразного топлива.

Для энергетики тех регионов, в которых имеются запасы каменного или бурого угля открываются новые возможности, связанные со строительством энергетических предприятий, работающих на собственном энергетическом сырье - газе подземной газификации угля.

## 2.6. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сульфат железа (III) – химический растворитель сульфидных минералов – особенно активен в присутствии тионовых бактерий, ускоряющих и окисление, и растворение во много раз:

$$CuS_{(к)} + Fe_2(SO_4)_{3(р\text{-}р)} = CuSO_{4(р\text{-}р)} + 2FeSO_{4(р\text{-}р)} + S_{(к)}.$$

Тионовые бактерии не только непосредственно окисляют и растворяют сульфиды, но и окисляют продукт их разложения $Fe^{2+}$, регенерируя сульфат железа (III), продолжающий окисление и растворение:

$$2FeSO_{4(р\text{-}р)} + 0{,}5O_{2(г)} + H_2SO_{4(р\text{-}р)} = Fe_2(SO_4)_{3(р\text{-}р)} + H_2O_{(ж)}.$$

Вычислите тепловой эффект суммарной реакции процесса окисления ковеллина ($CuS$) в кислой среде, используя стандартные энтальпии образования веществ.

| Соединение | $H_2O_{(ж)}$ | $CuSO_{4(р\text{-}р)}$ | $CuS_{(к)}$ | $H_2SO_{4(р\text{-}р)}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta H^0_{298}$, кДж/моль | -285,8 | -843,9 | -53,1 | -841,2 |

2. Для размораживания мерзлых грунтов, для вторичного дробления руды возможно применение термита – смеси алюминиевого порошка и оксида металла, способную к экзотермической реакции:

$$2Al_{(к)} + Me_2O_{3(к)} = 2Me_{(к)} + Al_2O_{3(к)}.$$

Какой оксид $Cr_2O_3$ или $Fe_2O_3$ является наиболее теплопроизводительным в смеси с алюминиевым порошком?

| Соединение | $Cr_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_{3(к)}$ |
|---|---|---|---|
| $\Delta H^0_{298}$, кДж/моль | -1140 | -822 | -1676 |

3. В качестве компонента горючей смеси топлив можно использовать метан и этан. Определить, какой из двух этих газов в расчете на 1 г наиболее эффективен, если использовать кислород, запасенный вместе с топливом:

$$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}.$$

$$C_2H_{6(г)} + 3{,}5O_{2(г)} = 2CO_{2(г)} + 3H_2O_{(г)}.$$

| Соединение | $CH_{4(г)}$ | $C_2H_{6(г)}$ | $CO_{2(г)}$ | $H_2O_{(г)}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta H^0_{298}$, кДж/моль | -74,9 | -88,6 | -393,5 | -241,8 |

4. Покажите расчетом, может ли в стандартных условиях протекать процесс серпентинизации форстерита:

$$2Mg_2SiO_{4(к)} + 3H_2O_{(ж)} = Mg_3(Si_2O_5)(OH)_{4(к)} + Mg(OH)_{2(к)}.$$

форстерит серпентин брусит

| Соединение | $Mg_2SiO_{4(к)}$ | $H_2O_{(ж)}$ | $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_{4(к)}$ | $Mg(OH)_{2(к)}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta G^0_{298}$, кДж/моль | -63,2 | -237,2 | -171,4 | -735,7 |

5. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства гидроксида цинка, вычислив изменение энергии Гиббса для реакций:

$$Zn(OH)_{2(к)} + 2H^+_{(р\text{-}р)} = Zn^{2+}_{(р\text{-}р)} + 2H_2O_{(ж)}.$$

$$Zn(OH)_{2(к)} + 2OH^-_{(р\text{-}р)} = [Zn(OH)_4]^{2-}_{(р\text{-}р)}.$$

| Соединение | $Zn(OH)_{2(к)}$ | $Zn^{2+}_{(р\text{-}р)}$ | $OH^-_{(р\text{-}р)}$ | $H_2O_{(ж)}$ | $[Zn(OH)_4]^{2-}_{(р\text{-}р)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta G^0_{298}$, кДж/моль | -556,0 | -147,3 | -157,4 | -237,2 | -905,4 |

6. Атмосферный озоновый слой на высоте 20 - 30 км играет большую роль в обеспечении условий жизни на земле. Озон задерживает вредное для жизни ультрафиолетовое излучение солнца. С другой стороны, он поглощает инфракрасное излучение земли, препятствуя ее охлаждению. Предполагают, что выделяющийся с выхлопными газами автотранспорта оксид азота реагирует с озоном:

$$NO_{(г)} + O_{3(г)} = NO_{2(г)} + O_{2(г)},$$

$$2NO_{2(г)} + O_{3(г)} = N_2O_{5(г)} + O_{2(г)}.$$

Установите, разрушают ли оксиды азота озоновый слой в стандартных условиях.

| Соединение | $NO_{(г)}$ | $O_{3(г)}$ | $NO_{2(г)}$ | $N_2O_{5(г)}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta G^0_{298}$, кДж/моль | 86,6 | 162,7 | 51,5 | 114,2 |

Может ли в стандартных условиях образовываться озон из $O_2$?

## Глава 3

## ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Химия как наука связана с превращениями веществ, происходящими в результате различных химических реакций. Анализ стандартного изменения энергии Гиббса для той или иной предполагаемой реакции позволяет теоретически оценить возможность ее протекания. Однако кроме оценки принципиальной возможности протекания процесса важно знать, насколько быстро могут протекать реакции, а также понимать, какими факторами определяется их скорость. Так, для завершения реакций, происходящих при взрыве тротила или метана достаточно ничтожных долей секунды, многие же геохимические процессы, например, формирование или выветривание горных пород, реализуются за миллионы лет. Раздел химии, посвященный скорости химических реакций, называется химической кинетикой.

## 3.1. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Скорость какого - либо процесса, как правило, определяют по тем изменениям, которые происходят в ходе процесса за фиксированный промежуток времени. Так, скорость движения материальной точки характеризуют изменением ее координат (перемещением) за определенный промежуток времени, например, в таких единицах, как метры в секунду (м/с).

В ходе химической реакции меняется количество каждого из реагентов: исходные вещества расходуются, а продукты – накапливаются. Следовательно, протекание реакции сопровождается изменением концентраций как исходных веществ, так и продуктов взаимодействия. Поэтому скорость реакции может быть рассчитана через изменение концентрации какого – либо исходного вещества или продукта за определенное время в таких единицах, как моль/(л·с).

В качестве примера рассмотрим реакцию, происходящую при смешивании раствора щелочи NaOH с кислотой HCl. В результате данной реакции

образуются соль NaCl и вода:

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O.$$

Допустим, что начальная концентрация раствора NaOH составляет 0,1 моль/л и мы имеем возможность измерять концентрацию щелочи в различные моменты времени после смешивания с кислотой. По этим данным среднюю скорость реакции $\overline{V}$ определяют как изменение концентрации $\Delta C(NaOH)$ за соответствующий промежуток времени $\Delta t$:

$$\overline{V} = - \Delta C(NaOH)/\Delta t.$$

Отрицательный знак в правой части уравнения для средней скорости реакции указывает, что концентрация NaOH уменьшается со временем. По мере протекания реакции реагенты расходуются, средняя скорость снижается; в некоторый момент времени реакция прекращается.

Изменение концентрации реагента, например, HCl в ходе реакции можно представить в графическом виде C(HCl) = f(t) (рис. 3.1). Подобная графическая зависимость позволяет определить мгновенную скорость реакции, т. е. скорость в конкретный момент времени:

$$V = \lim \left[ \frac{\Delta C}{\Delta t} \right]_{\Delta t \to 0} = \frac{dC}{dt}.$$

Исходя из графического смысла производной ($dC/dt = tg\alpha$), получается, что мгновенная скорость определяется угловым коэффициентом ($tg\alpha$) касательной к кривой C = f(t) в точке, отвечающей интересующему моменту времени t′ (см. рис. 3.1).

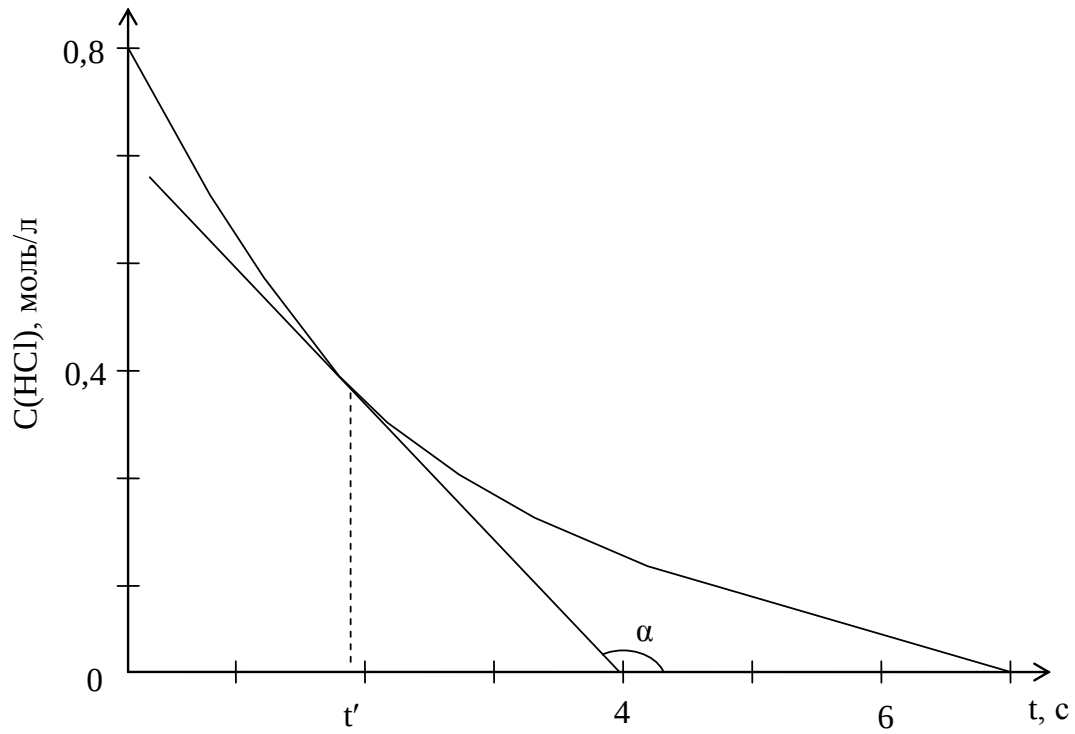



Рис. 3.1. Изменение концентрации раствора соляной кислоты в ходе реакции нейтрализации:
α – угол наклона касательной к кривой в момент времени t′

## 3.2. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГЕНТОВ

Молекулы различных веществ взаимодействуют друг с другом при столкновениях. Чем чаще столкновения будут происходить, тем быстрее пойдет реакция. Для реакций типично уменьшение их скорости с течением времени, что объясняется уменьшением концентраций реагентов, и, соответственно, снижением частоты столкновений. Наглядным примером, поясняющим влияние концентрации реагента, может служить резко различная скорость горения веществ в чистом кислороде и в воздухе. Содержание кислорода в воздухе – около 20 %, что и определяет меньшую скорость процесса горения.

Общую формулировку влияния концентрации на скорость химических

реакций выражает основной закон химической кинетики – закон действия масс: **при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Причем концентрация каждого реагента берется в степени равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции.**

В общем случае для скорости реакции, протекающей по уравнению

$$aA + bB = cC + dD,$$

можно написать следующее выражение:

$$V = k \cdot C^a(A) \cdot C^b(B).$$

В этом выражении коэффициент пропорциональности k называют **константой скорости химической реакции.** Его значение не меняется при изменениях концентрации, но зависит от температуры.

Определим физический смысл константы k. Для этого рассмотрим случай, когда концентрации реагирующих веществ составляют 1 моль/л, т.е. C(A) = C(B) = 1 моль/л. Тогда $V = k \cdot 1 \cdot 1 = k$. Таким образом, численное значение константы соответствует скорости реакции при условии равенства концентрации каждого реагирующего вещества 1 моль/л. Поэтому константу k еще называют **удельной скоростью химической реакции.**

Скорость химической реакции во многом зависит от того, находятся ли реагирующие вещества в одной или разных фазах, т. е. осуществляются гомогенные или гетерогенные реакции.

Если реакционная система однородна и не заключает в себе поверхностей раздела между частями системы, отличающимися по физико-химическим свойствам, то ее называют гомогенной. Систему, состоящую из отдельных частей (фаз), отличающихся по свойствам и имеющих поверхности раздела, называют гетерогенной.

Например, горение этана соответствует протеканию реакции в гомогенной системе:

$$C_2H_6(г) + 3{,}5O_2(г) = 2CO_2(г) + 3H_2O(г).$$

Скорость этого процесса по закону действия масс определяется выражением:

$$V = k \cdot C(C_2H_6) \cdot C^{3,5}(O_2).$$

Гомогенной реакцией также является взаимодействие оксида углерода (II) с водяным паром при подземной газификации угля:

$$CO(г) + H_2O(г) = CO_2(г) + H_2(г).$$

Скорость данной реакции зависит от концентрации оксида углерода (II) и паров воды:

$$V = k \cdot C(CO) \cdot C(H_2O).$$

В отличие от рассмотренных примеров гомогенных процессов, в случае гетерогенных реакций в уравнение закона действия масс входят концентрации только тех веществ, которые находятся в газовой фазе или в растворе. Концентрация твердого вещества (не растворенного в воде) представляет собой постоянную величину и поэтому входит в константу скорости. Например, при подземной обработке (газификации) угля в зоне окисления канала газификации происходит гетерогенная реакция:

$$C(уголь) + O_2(г) = CO_2(г).$$

Закон действующих масс для этой реакции запишется так:

$$V = k' \cdot const \cdot C(O_2) = k \cdot C(O_2).$$

Рассмотрим решение типовой задачи.

Определить изменение скорости реакции после упаривания растворов исходных реагентов в три раза:

$$CaCl_2 + Na_2SO_4 = CaSO_4 + 2NaCl.$$

Решение.

При решении задач, связанных с изменением скорости реакции при варьировании концентрации реагентов, необходимо исходить из основного закона химической кинетики – закона действующих масс. Для реакции, рассматриваемой в данной задаче, в общем виде этот закон выражается следующим образом:

$$V = k \cdot C(CaCl_2) \cdot C(Na_2SO_4).$$

Исходя из закона действующих масс, запишем отношение скорости реакции до упаривания к скорости реакции после упаривания растворов реагентов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{k \cdot C_1(CaCl_2) \cdot C_1(Na_2SO_4)}{k \cdot C_2(CaCl_2) \cdot C_2(Na_2SO_4)}.$$

Примем во внимание, что после упаривания растворов исходных реагентов в три раза, их концентрация увеличивается также в три раза ($C_2 = 3C_1$):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1(CaCl_2) \cdot C_1(Na_2SO_4)}{3C_1(CaCl_2) \cdot 3C_1(Na_2SO_4)} = \frac{1}{9}.$$

Получаем: $V_2 = 9V_1$.

Ответ: после упаривания растворов исходных реагентов в три раза скорость рассматриваемой реакции увеличится в 9 раз.

## 3.3. МОЛЕКУЛЯРНОСТЬ И ПОРЯДОК РЕАКЦИИ

На практике закон действующих масс выполняется только для одностадийных реакций, т. е. для реакций, в которых исходные вещества без каких - либо промежуточных превращений образуют продукты. При этом **молекулярностью реакции** называют число молекул, взаимодействие которых ведет к одностадийному образованию продуктов химической реакции. Молекулярность реакции может характеризоваться только целыми числам.

Если в элементарном акте реакции принимает участие одна молекула, превращающаяся в одну или несколько молекул других веществ, то такая реакция называется мономолекулярной. Примерами таких реакций могут служить термический распад карбоната кальция или хлорида аммония:

$$CaCO_3(к) = CaO(к) + CO_2(г),$$
$$NH_4Cl(к) = NH_3(г) + HCl(г).$$

Одновременное участие в элементарном акте химической реакции двух молекул характерно для бимолекулярных реакций, примером которых может быть взаимодействие иода и водорода с образованием иодида водорода:

$$I_2(г) + H_2(г) = 2HI(г).$$

Реакции, элементарный акт которых сводится к столкновению трех молекул, называют тримолекулярными. Статистически подобное столкновение молекул мало вероятно. Тримолекулярные реакции крайне редки. Реакции же с молекулярностью выше трех в химической практике неизвестны.

Поэтому представленные ниже химические реакции

$$4HC1 + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O,$$

$$6FeC1_2 + KClO_3 + 6HC1 = 6FeCl_3 + KCl + 3H_2O$$

нельзя назвать пяти- или тринадцатимолекулярными реакциями. Эти уравнения следует рассматривать лишь как записи суммарных процессов, каждый из которых в действительности может включать довольно длинную цепочку последовательно протекающих моно-, би- или тримолекулярных реакций. В этой цепочке взаимосвязанных превращений одни промежуточные реакции могут протекать быстро и не задерживать ход всего процесса, другие настолько медленны, что именно они будут ограничивать скорость протекания суммарного процесса.

В химической кинетике также пользуются понятием **«порядок реакции»** - это число, равное сумме показателей степеней при концентрациях реагирующих веществ в уравнении для скорости реакции. Если уравнение

$$aA + bB + cC = dD + eE + fF$$

выражает действительный механизм реакции, а зависимость

$$V = k \cdot C^a(A) \cdot C^b(B) \cdot C^c(C)$$

достаточно точно характеризует скорость этой реакции, то порядок реакции n можно представить как n = a + b + c. В этом случае значения величин, определяющих порядок и молекулярность реакции, численно совпадают. Для многостадийного взаимодействия уравнение химической реакции символизирует суммарный итог всех превращений и порядок реакции всегда ниже, чем кажущаяся молекулярность реакции.

Так, применим закон действия масс к реакции окисления азота до оксида азота (II):

$$N_2(г) + O_2(г) = 2NO(г).$$

Считая, что данное уравнение выражает действительный механизм процесса,

напишем выражение для скорости реакции:

$$V = k \cdot C(N_2) \cdot C(O_2).$$

Однако эксперимент показывает, что данная реакция не является реакцией второго порядка, т. к. ее скорость на самом деле пропорциональна концентрации кислорода в степени ½:

$$V = k \cdot C(N_2) \cdot C^{1/2}(O_2).$$

Таким образом, порядок обсуждаемой реакции соответствует не 2, а только 1,5, т. е. в отличие от молекулярности порядок реакции не всегда бывает целочисленным.

Приведем примеры реакций различного порядка:

а) реакция первого порядка: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$,

б) реакция второго порядка: $CO + C1_2 = COC1_2$,

г) реакция третьего порядка: $3HCNO = (HCNO)_3$.

Известны реакции дробного и нулевого порядка. Нулевой порядок означает, что скорость реакции при T = const постоянна и не зависит от концентрации реагента. Например, реакция разложения аммиака $NH_3$ на водород $H_2$ и азот $N_2$, протекающая на поверхности вольфрама, является реакцией нулевого порядка, т. е. скорость ее не зависит от концентрации аммиака:

$$2NH_3(г) = N_2(г) + 3H_2(г),$$

$$V = k \cdot C^0(NH_3) = k \cdot 1 = \text{const}.$$

## 3.4. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ

## РЕАКЦИИ

Из уравнения Менделеева - Клапейрона $p = CRT$ следует, что изменение давления каждого из компонентов газовой смеси должно оказывать на скорость реакции то же влияние, что и пропорциональное ему изменение концентрации этого компонента. Например, для реакции с участием газов

$$2CO(г) + O_2(г) = 2CO_2(г)$$

можно написать:

$$V = k \cdot p^2(CO) \cdot p(O_2),$$

где $p(CO)$, $p(O_2)$ - парциальные давления CO и $O_2$ соответственно.

Скорость большинства химических реакций повышается с ростом температуры. Более того, возрастание скорости происходит нелинейно. Голландский ученый Вант - Гофф в 1884 г. на основании многочисленных наблюдений и экспериментов установил, что **при повышении температуры на каждые десять градусов скорость гомогенной химической реакции увеличивается в 2 – 4 раза.**

Это приближенное обобщение известно под названием правила Вант - Гоффа. Математически оно может быть выражено с помощью уравнения:

$$\frac{V_{t_2}}{V_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = \gamma^{\Delta t/10},$$

где $V_{t_2}, V_{t_1}$ - скорость реакции при температуре $t_2$ и $t_1$ соответственно; $\gamma$ - температурный коэффициент ($\gamma = 2 \div 4$).

Правило Вант - Гоффа носит приближенный характер и служит лишь для ориентировочной оценки влияния температуры на скорость реакции.

Значение коэффициента γ часто выходит за указанные Вант - Гоффом пределы, а для конкретной реакции оно не остается неизменным в различных интервалах температуры.

## 3.5. ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ

Не всякое столкновение молекул реагирующих веществ приводит к химической реакции, т. е. к образованию продуктов реакции. Во взаимодействие вступает только небольшая часть всех молекул, обладающая некоторым повышенным запасом кинетической энергии. Эти молекулы, обладающие достаточно высокой кинетической энергией для того, чтобы их столкновение с другими молекулами привело к элементарному акту реакции, называют активными (реакционноспособными).

**Разность между кинетической энергией, которой должны обладать молекулы, чтобы стать реакционноспособными, и средней кинетической энергией молекул определяет значение энергии активации $E_a$.**

Энергию активации можно определить как ту минимальную дополнительную энергию, которую необходимо сообщить молекуле (двум или трем молекулам для реакций второго или третьего порядка) сверх среднего ее значения для того, чтобы стало возможным химическое взаимодействие. На пути к осуществлению любой химической реакции стоит энергетический барьер, для преодоления которого молекулы реагентов должны приобрести некоторое значение энергии, превосходящее среднюю энергию. Вот этот избыток энергии над ее средним значением, характерным для молекул реагентов в их данном состоянии теплового движения, и представляет собой энергию активации. Чаще всего в обычных условиях лишь небольшая доля от общего числа молекул реагирующих веществ имеет достаточную энергию для преодоления энергетического барьера, отделяющего исходные реагенты от продуктов взаимодействия.

Высокое значение энергии активации реакции означает, что на пути к ее осуществлению стоит высокий энергетический барьер. Преодолеть этот барьер может только небольшая доля от общего числа молекул, и если с помощью соответствующих мер не повысить эту долю, скорость реакции будет небольшой.

Аррениус предложил уравнение, связывающее константу скорости химической реакции с температурой:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}},$$

где k - константа скорости химической реакции, моль/(л·сек); A - предэкспоненциальный множитель, численно равный тому предельно большому значению константы k, которое она имела бы, если бы все без исключения молекулы были активными; e - основание натурального логарифма; $E_a$ - энергия активации, Дж/моль; R - универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К); T - абсолютная температура, К.

Логарифмируя уравнение Аррениуса и деля обе его части на коэффициент перехода от натуральных логарифмов к десятичным (2,303), получим:

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2{,}303RT}.$$

Обозначив $-\frac{E_a}{2{,}303R} = a$, $\lg A = b$, запишем видоизмененное уравнение Аррениуса, устанавливающее для каждой конкретной реакции линейную связь между логарифмом константы скорости реакции и обратной величиной абсолютной температуры:

$$\lg k = \frac{a}{T} + b.$$

Казалось бы, что высота энергетического активационного барьера $E_a$ определяется энергией, затрачиваемой на разрыв химических связей в моле-

кулах исходных веществ, после чего становится возможным формирование новых химических связей и образование молекул продуктов реакции. Причем энергия, выделяющаяся в ходе создания новых химических связей, частично или полностью компенсирует энергию, затраченную на инициирование реакции. Однако при достоверности данного подхода энергии активации для подавляющего большинства реакций должны были бы быть значительно выше, чем это наблюдается на практике.

Так, представляется, что для начала реакции

$$2N_2(г) + O_2(г) = 2N_2O(г) \quad \Delta H = 166{,}6 \text{ кДж}$$

необходимо затратить энергию  не менее 1194,6 кДж, поскольку на разрыв связей в молекулах $N_2$ и $O_2$ должно быть затрачено соответственно $472{,}7 \cdot 2 =$ = 945,4 и 249,2 кДж. Экспериментально найденное значение энергии активации для этой реакции равно 411,4 кДж, т. е. почти в три раза меньше.

Очевидно, разрыв химических связей в молекулах исходных веществ и образование новых химических связей необходимо рассматривать не обособленно, а в их взаимном влиянии. Первой стадией практически любого химического процесса является образование промежуточного соединения - активированного (активного) комплекса.

**Активированный комплекс** представляет собой образование, в котором еще не исчезли первоначально существовавшие связи между атомами и еще не полностью сформировались новые химические связи. Однако электронные оболочки атомов во взаимодействующих молекулах уже деформированы в направлении образования новых химических связей, и исходные химические связи ослаблены. Образование такого промежуточного соединения требует меньших затрат энергии, чем разрыв связей в молекулах исходных веществ, ибо теперь этому разрыву содействует наметившееся наведение новых связей. При этом и энергетический эффект образования молекул ко-

нечного продукта путем распада активированного комплекса будет тоже меньше. Таким образом, образование активированного комплекса приводит к уменьшению высоты энергетического активационного барьера $E_a$.

Добавим, для того чтобы началась перестройка связей, сталкивающиеся молекулы должны иметь не только достаточную энергию, но и определенную взаимную ориентацию. От взаимной ориентации молекул в момент столкновения зависит, возможно или нет образование между атомами новых связей. Поэтому в действительности лишь некоторая часть столкновений, обладающих энергией, достаточной для протекания реакции, приводит к образованию продуктов.

## 3.6. ЯВЛЕНИЕ КАТАЛИЗА. ГОМОГЕННЫЙ И ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ

**Катализатор** представляет собой вещество, которое изменяет скорость химической реакции, но само не расходуется в ходе этой реакции. Реакции с участием таких веществ называют каталитическими.

Известны катализаторы, как ускоряющие протекание реакции, так и замедляющие ее. Соответственно в первом случае катализатор является положительным, а во втором – отрицательным.

Так, при умеренном нагревании разложение хлората калия происходит спокойно. Это позволяет использовать соль $KClO_3$ в качестве аварийного источника кислорода для дыхания:

$$2KClO_3(к) = 2KCl(к) + 3O_2(г).$$

Добавка к хлорату калия диоксида марганца $MnO_2$ резко меняет скорость процесса, придавая ему взрывной характер.

Катализатором, замедляющим скорость реакции, например, взаимо-

действия металлического железа с раствором соляной кислоты

$$Fe(к) + 2HCl(р\text{-}р) = FeCl_2(р\text{-}р) + H_2(г)$$

может служить органическое вещество анилин. Катализаторы, позволяющие уменьшить скорость коррозионного разрушения металлов в агрессивных средах, обычно называют ингибиторами коррозии.

Важно, что **действие катализаторов отличается селективностью**, т.е. катализатор, изменяющий скорость какой - либо определенной реакции, обычно не влияет на скорость другой.

Катализатор, находящийся в реакционной системе в том же фазовом состоянии, что и основные участники химической реакции, называется **гомогенным катализатором.** Например, гомогенный катализатор реакции взаимодействия газообразных веществ должен сам находиться в газообразном состоянии.

Рассмотрим случай гомогенного катализа на примере разложения озона $O_3$ верхних слоев атмосферы под действием оксида азота NO. В этой реакции оксид азота (II) играет роль катализатора. Первоначально NO реагирует с $O_3$, в результате чего образуются $NO_2$ и $O_2$. Затем образующийся $NO_2$ реагирует с атомарным кислородом, присутствующим в стратосфере, и в результате снова получается NO и в качестве второго продукта – $O_2$. Последовательность этих реакций и их окончательный результат описываются уравнениями:

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2, \quad NO_2 + O = NO + O_2, \quad O_3 + O = 2O_2.$$

В рассматриваемом примере NO играет роль катализатора реакции разложения $O_3$, потому что он повышает скорость полной реакции, но сам в результате не подвергается окончательному химическому превращению, а лишь расходуется в одной стадии реакции и вновь образуется на следующей стадии.

Если исходить из уравнения Аррениуса для скорости химической реакции, константа скорости k определяется энергией активации $E_a$ и параметром *A*. Влияние катализатора на скорость реакции может заключаться в том, что он изменяет или $E_a$, или *A*. Катализатор оказывает наиболее существенное влияние на энергию активации $E_a$. Как правило, положительный катализатор понижает энергию активации химической реакции (рис. 3.2).

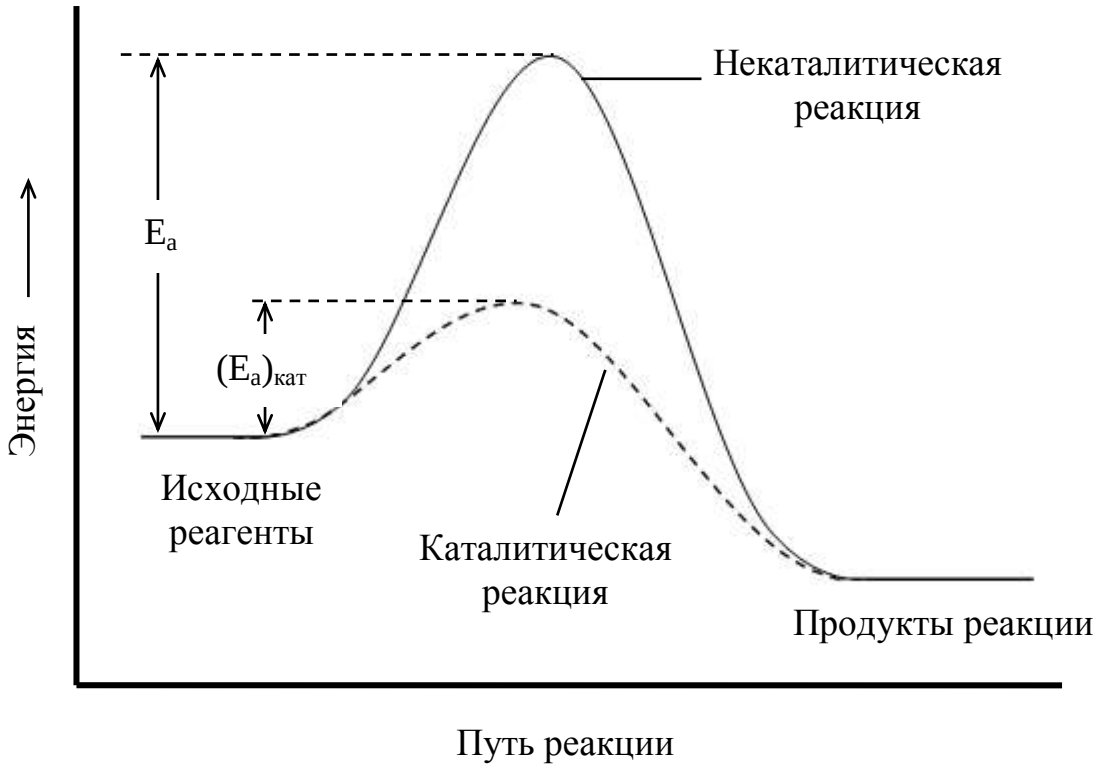



Рис. 3.2. Энергетическая диаграмма химической реакции с использованием катализатора. Действие катализатора заключается в снижении энергии активации реакции $E_a$

**Гетерогенный катализатор** находится в реакционной системе в ином по сравнению с реагирующими веществами фазовом состоянии. Например, реакция между молекулами в газовой фазе может катализироваться тонко измельченным оксидом какого - либо металла. В отсутствие катализатора реакция в газовой фазе протекает медленно. Однако при внесении катализа-

тора реакция на поверхности твердого вещества значительно ускоряется.

Многие промышленно важные реакции, протекающие в газовой фазе, катализируются поверхностью твердых веществ, например, реакция окисления $SO_2$ в $SO_3$ при производстве серной кислоты:

$$2SO_2(г) + O_2(г) = 2SO_3(г).$$

Реакции в растворах также могут катализироваться твердыми веществами. Гетерогенные катализаторы часто изготовляют из тонко измельченных металлов или оксидов металлов. Поскольку каталитические реакции протекают на поверхности, часто прибегают к специальным методам получения катализаторов с очень большой площадью поверхности.

Исходной стадией гетерогенного катализа обычно является адсорбция реагентов. Адсорбция – это связывание молекул с поверхностью вещества. Не все атомы или ионы поверхности обладают реакционной способностью, так как на поверхности могут быть адсорбированы различные примеси (загрязнения), которые занимают многие потенциально реакционноспособные центры и блокируют дальнейшую реакцию. Места поверхности, на которых могут адсорбироваться реагирующие молекулы, называются **активными центрами.** Число активных центров, приходящееся на единицу массы катализатора, зависит от природы катализатора, от способа его приготовления и обработки непосредственно перед использованием.

В качестве примера гетерогенного катализа рассмотрим реакцию гидрирования этилена с образованием этана:

$$C_2H_2(г) + 2H_2(г) = C_2H_6(г).$$

В отсутствие катализатора эта реакция практически не протекает. Однако в присутствии тонко измельченного металла, например, никеля, палладия или платины, реакция идет легко уже при комнатной температуре при

давлении водорода в несколько сотен атмосфер. Механизм этой реакции заключается в следующем. Сначала молекулы этилена и водорода адсорбируются на поверхности металла. Адсорбция водорода приводит к разрыву связи H-H и образованию двух связей M-H, где M - активный центр на поверхности металла. Атомы водорода могут относительно свободно мигрировать по поверхности металла. При столкновении с адсорбированной молекулой этилена атомы водорода связываются с атомами углерода. Последние образуют по четыре химических связи, что уменьшает энергию взаимодействия с поверхностью металла. В результате образовавшаяся молекула этана отделяется от поверхности. Освободившийся активный центр снова адсорбирует следующую молекулу этилена, и весь цикл повторяется сначала.

## 3.7. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Как изменится скорость реакции при охлаждении с 70 °C до 20 °C, если температурный коэффициент γ равен 3?

2. Как изменится скорость реакции после упаривания в 2 раза исходных растворов хлорида кальция и фосфата натрия:

$$3CaCl_2 + 2Na_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 6NaCl.$$

3. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при уменьшении температуры на 30 °C скорость реакции падает в 64 раза?

4. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Во сколько раз увеличится скорость, если температуру повысить на 40 °C?

5. Как изменится скорость реакции после повышения общего давления в системе в 2 раза:

$$2NO_2 + O_2 = 2NO_2.$$

6. Как изменится скорость химической реакции при понижении температуры со 170 °С до 120 °С при температурном коэффициенте скорости реакции равном 2?

7. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при понижении температуры на 40 °С скорость реакции падает в 16 раз?

8. Как изменится скорость реакции после разбавления растворов исходных реагентов в 4 раза:

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O.$$

9. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при повышении температуры на 40 °С скорость возрастает в 16 раз?

10. Температурный коэффициент скорости реакции 2,5. Во сколько раз изменится скорость при охлаждении от 45 до 15 °С?

## Глава 4

# ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Часто в ходе химических реакций исходные реагенты не полностью превращаются в продукты, несмотря на высокую скорость взаимодействия. Это обусловлено тем, что многие реакции в определенных условиях являются обратимыми. Для таких реакций наряду с химическим взаимодействием исходных веществ (прямая реакция) характерно протекание взаимодействия между продуктами (обратная реакция).

С началом реакции концентрации исходных веществ начинают уменьшаться, а концентрации продуктов - расти. Поэтому первоначально скорость прямой реакции также уменьшается, а скорость обратной реакции - растет. Затем, когда обе скорости сравняются, наступает состояние химического равновесия. В этом состоянии система представляет собой смесь как исходных реагентов, так и продуктов реакции, причем концентрации всех компонентов перестают изменяться при сохранении неизменными внешних условий.

Аналогичное состояние достигается, например, в закрытом сосуде с жидкостью, когда в процессе испарения устанавливается равновесие между парами жидкости и самой жидкостью. В состоянии равновесия скорость перехода молекул жидкости в газовую фазу (испарение) становится равной скорости обратного перехода молекул из пара в жидкую фазу (конденсация).

Химическое равновесие является подвижным, так как при изменении внешних условий равновесие сдвигается в сторону протекания прямой или обратной реакции. Важно, что в состояние равновесия система может придти как со стороны исходных веществ, так и со стороны продуктов.

## 4.1. ГОМОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Рассмотрим реакцию взаимодействия водорода с кислородом. Если смешать газообразные исходные реагенты, то заметные количества паров воды начинают очень медленно образовываться лишь примерно с 400 °С. Дальнейшее нагревание гомогенной смеси ускоряет процесс и выше 600 °С реакция протекает со взрывом.

При температурах выше 600 °С водород и кислород соединяются со взрывом, но при температурах около 5000 °С уже сама вода полностью распадается на водород и кислород:

$$2H_2 + O_2 \xrightarrow{800^0\,C} 2H_2O,$$

$$2H_2O \xrightarrow{5000^0\,C} 2H_2 + O_2.$$

При промежуточных температурах возможны обе реакции. Данная ситуация имеет место в температурном интервале от 2000 до 4000 °С, когда одновременно происходит образование молекул воды из водорода и кислорода и обратный распад молекул $H_2O$ на водород и кислород. При этих условиях реакция взаимодействия водорода с кислородом становится обратимой, т. е. протекающей в противоположных направлениях:

$$2H_2(г) + O_2(г) \underset{\leftarrow}{\rightarrow} 2H_2O(г).$$

Для скоростей этих взаимно противоположных реакций можно составить следующие выражения:

$$\vec{V} = \vec{k} \cdot C^2(H_2) \cdot C(O_2),\ \overleftarrow{V} = \overleftarrow{k} \cdot C^2(H_2O).$$

Если $\vec{V} > \overleftarrow{V}$, то за единицу времени молекул воды будет образовываться

больше, чем распадаться; если $\vec{V} < \overleftarrow{V}$, то распадаться будет больше, чем образовываться. Наконец, если $\vec{V} = \overleftarrow{V}$, число распадающихся и образующихся за единицу времени молекул воды будет одинаково; система достигнет состояния равновесия.

Нагреем водяной пар до 2000 °С. В первый момент времени в соответствующей системе молекулы водорода и кислорода отсутствуют и $\vec{V} = 0$. Скорость же реакции разложения молекул воды $\overleftarrow{V}$ при достигнутой температуре является отличной от нуля. По мере разложения молекул воды скорость $\vec{V}$ станет нарастать, а скорость $\overleftarrow{V}$ - уменьшаться. В результате протекания двух противоположных по направлению реакций наступит такой момент, когда обе скорости станут равными по величине.

Если первоначально исходить не из водяного пара, а из водорода и кислорода, то результат будет тем же. И в первом и во втором случае при равенстве скоростей обеих реакций устанавливается **химическое равновесие.** Равновесие **характеризуется тем, что концентрации всех компонентов достигают постоянных значений и в реакционной системе в неизменном количестве присутствуют как исходные реагенты, так и продукты их взаимодействия.**

В состоянии равновесия видимых изменений в системе не происходит. Это обусловлено тем, что взаимно противоположные реакции протекают с одинаковыми скоростями. Причем к одним и тем же равновесным условиям можно подойти с двух различных направлений – либо со стороны исходных веществ, либо со стороны продуктов. Подобное химическое равновесие является **равновесием динамическим**: постоянно идет и образование молекул и их распад, но число образующихся за единицу времени молекул равно числу распадающихся.

Динамическое равновесие очень важно отличать от другого состояния, которое называют **метастабильным равновесием**. Например, можно поме-

стить в реакционный сосуд смесь $O_2$, $H_2$ и $H_2O$, но не повышать температуру. Из-за низкой температуры химическая реакция развиваться не будет. Соответственно концентрации компонентов смеси не будут меняться со временем, что формально соответствует установлению равновесия, т. е. достижению равенства скоростей прямой и обратной реакций. Однако скорости реакций одинаковы, потому что равны нулю. Истинное (динамическое) состояние равновесия установится в системе лишь при повышении температуры, стимулирующей протекание как прямой, так и обратной реакции.

## 4.2. КОНСТАНТА ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Пользуясь выражениями для скорости прямой и обратной реакции, можно получить количественную характеристику равновесного состояния системы. При равновесии $\vec{V} = \overleftarrow{V}$, следовательно:

$$\vec{k} \cdot C^2(H_2) \cdot C(O_2) = \overleftarrow{k} \cdot C^2(H_2O_{пар}).$$

Перенесем константы скоростей в одну сторону уравнения, а концентрации реагентов – в другую:

$$\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{C^2(H_2O_{пар})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Частное от деления двух постоянных величин $\vec{k}$ и $\overleftarrow{k}$ есть также величина постоянная. Она называется константой равновесия и обозначается $K_c$. Таким образом:

$$K_c = \frac{C^2(H_2O_{пар})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Константа равновесия $K_c$ представляет собой отношение произведения концентраций продуктов взаимодействия к произведению концентраций исходных веществ. При этом концентрация каждого вещества берется в степени, равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции. Численное значение константы равновесия зависит от температуры, но не зависит от концентрации реагентов. Если происходит изменение концентрации одного из веществ, участвующих в реакции, это вызывает изменение концентраций всех остальных компонентов, причем таким образом, что $K_c$ сохраняет свое значение.

Для реакций с участием газообразных веществ константа равновесия также может быть выражена через парциальные давления реагентов. В этом случае константу обозначают $K_p$. Например, для равновесной системы, содержащей пары воды можно записать:

$$K_p = \frac{p^2(H_2O_{пар})}{p^2(H_2) \cdot p(O_2)}.$$

Воспользовавшись уравнением состояния идеального газа $p_i = n_iRT/V = C_iRT$, можно установить связь значений $K_p$ и $K_c$:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}. \qquad (4.1)$$

Параметр $\Delta n$ в уравнении (4.1) соответствует изменению числа молей газообразных веществ при переходе от исходных реагентов к продуктам взаимодействия.

$K_p$ и $K_c$ имеют различные значения, когда в химической реакции число молей исходных газообразных реагентов и число молей газообразных продуктов не совпадают, то есть $\Delta n \neq 0$. Когда эти числа совпадают, $K_p$ и $K_c$ будут равны, как, например, для следующей реакции, протекающей без изменения

числа молей газообразных веществ:

$$N_2(г) + O_2(г) \rightleftarrows 2NO(г).$$

По величине константы равновесия можно судить о степени протекания реакции. При большом значении $К_с$ или $К_р$ равновесие сильно сдвинуто вправо, т. е. большая часть исходных веществ превращается в продукты. При очень малых значениях константы равновесия прямая реакция протекает в незначительной степени, и равновесная смесь содержит преимущественно исходные реагенты. Также по константе равновесия можно предсказывать направление, в котором будет протекать реакция по мере приближения к равновесию, и вычислять концентрации компонентов в состоянии равновесия.

Например, рассмотрим смесь из 2,00 моль $H_2$, 1,00 моль $N_2$ и 2,00 моль $NH_3$, помещенную в сосуд объемом 1 л при температуре 472 К. Будет ли реакция между $H_2$ и $N_2$ давать дополнительное количество $NH_3$, если при заданной температуре константа равновесия $К_с$ составляет величину 0,105?

Подставим начальные концентрации $H_2$, $N_2$ и $NH_3$ в выражение для константы равновесия реакции:

$$N_2(г) + 3H_2(г) \rightleftarrows 2NH_3(г).$$

$$К_С = \frac{C^2(NH_3)}{C(N_2)\cdot C^3(H_2)}. \quad К'_С = \frac{2{,}00^2}{1{,}00\cdot 2{,}00^3} = 0{,}500.$$

По условию задачи известно, что при заданной температуре $К_с$ = 0,105. Следовательно, для того чтобы система приблизилась к равновесию, отношение $\frac{C^2(NH_3)}{C(N_2)\cdot C^3(H_2)}$ должно уменьшиться с 0,500 до 0,105. Это произойдет при

уменьшении $C(NH_3)$ и увеличении $C(N_2)$ и $C(H_2)$. Следовательно, равновесие будет смещаться справа налево.

## 4.3. ГЕТЕРОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Реакции с участием веществ, находящихся в различных фазовых состояниях называют гетерогенными. Примером такой реакции может служить термическое разложение кальцита в замкнутом объеме:

$$CaCO_3\,(к) \rightleftarrows CaO(к) + CO_2(г). \qquad (4.2)$$

Общий вид константы равновесия справедлив и для гетерогенных реакций. Только в этом случае концентрации твердых веществ не входят в выражение константы равновесия. Дело в том, что парциальные давления (или концентрации) твердых веществ постоянны (условно можно принять их равными единице) и поэтому включаются в константу $К_р$. Например, для реакции (4.2):

$$К_р^{/} = \frac{p(CO_2)p(CaO)}{p(CaCO_3)} = \frac{p(CO_2)const_1}{const_2};\ \frac{К_р^{/}}{const_{1,2}} = К_р = p(CO_2).$$

В качестве примера практического анализа состояния гетерогенного равновесия рассмотрим следующую задачу.

При 573 К для реакции

$$C(уголь) + 2H_2(г) \rightleftarrows CH_4(г)$$

константа равновесия $К_р$ составляет $1{,}53\cdot10^{-3}$. Определить, будет ли взрывоопасной метановоздушная смесь в замкнутом объеме (помещении) равном 50

м$^3$, в котором при 573 К и атмосферном давлении контактировали уголь и молекулярный водород. Масса водорода составила 200 г.

Решение.

1. Для рассматриваемой гетерогенной реакции: $K_p = p(CH_4)/p^2(H_2)$.

2. Определим исходное количество водорода в системе: $n(H_2) = m(H_2)/M(H_2) = 200/2 = 100$ моль.

3. Определим состав равновесной смеси газов ($H_2$ и $CH_4$). Обозначим через x число молей образовавшегося метана. Так как на его образование (согласно стехиометрическим коэффициентам уравнения реакции) должно израсходоваться 2x моль водорода, то в равновесной смеси останется (100 - 2x) моль $H_2$. Запишем:

| | $C + 2H_2 \rightleftarrows CH_4$ | |
|---|---|---|
| исходная смесь | 100 моль | 0 |
| равновесная смесь | (100 - 2x) моль | x моль |

Общее количество водорода и метана в равновесной смеси составляет суммарную величину: $\Sigma n = 100 - 2x + x = (100 - x)$ моль.

Для парциальных давлений компонентов получим следующие выражения (P - атмосферное давление):

$$p(H_2) = \frac{(100-2x)P}{100-x}; \quad p(CH_4) = \frac{xP}{100-x}.$$

Подставим эти выражения в уравнение для константы равновесия:

$$K_p = \frac{p(CH_4)}{p^2(H_2)} = \frac{x \cdot P(100-x)^2}{P^2(100-x)(100-2x)^2} = \frac{x(100-x)}{P(100-2x)^2}.$$

После преобразований и подстановки численных значений величин получим:

$$K_p \cdot P(100 - 2x)^2 = x(100 - x);\ \ 1{,}53 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}013 \cdot 10^5 (100 - 2x)^2 = x(100 - x).$$

$$6{,}2x^2 - 620x + 15499 = 0.\ \ x_1 = 50{,}4 \text{ моль},\ \ x_2 = 49{,}6 \text{ моль}.$$

Первый корень квадратного уравнения ($x_1$) - посторонний, так как из условия задачи следует: $100 - 2x \geq 0,\ x \leq 50$.

4. Оценим взрывоопасность газовоздушной смеси, образующейся при доступе воздуха к 49,6 моль $CH_4$ в объеме 50 м$^3$. Учтем, что нижний предел взрываемости ( в объемных процентах) при 293 К и атмосферном давлении для метана в смеси с воздухом составляет 5,0 %, а верхний - 14,9 %.

$$V(CH_4) = n(CH_4) \cdot V_m = 49{,}6 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ моль/л} = 1111 \text{ л}.$$
$$\varphi(CH_4) = V(CH_4)/50 \text{ м}^3 = 1111 \cdot 10^{-3}/50 = 0{,}022 = 2{,}2\ \%.$$

Полученный результат свидетельствует, что образующаяся газовоздушная смесь в указанном объеме (помещении) не будет взрывоопасной по метану. Не достигается нижний предел взрываемости (составляет 4 % по объему) и для водородовоздушной смеси, образуемой остатком водорода.

## 4.4. СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

В системе, находящейся в состоянии динамического равновесия, прямой и обратный процессы протекают с одинаковыми скоростями. Изменение условий, в которых находится система, может нарушить состояние равновесия. В результате равновесие будет смещаться до тех пор, пока не установится новое равновесие.

Для определения направления смещения равновесия может быть использован **принцип Ле Шателье - Брауна**:

**если на систему, находящуюся в состоянии равновесия, оказывают внешнее воздействие (например, изменяют давление, концентрацию реагентов или температуру), то в системе будут развиваться процессы, смещающие равновесие в том направлении, которое ослабляет внешнее воздействие.**

Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества газообразных веществ. Добавление в равновесную систему какого - либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону протекания реакции, являющейся эндотермической (экзотермической). Знание условий для проведения химической реакции в нужном направлении часто важно в практическом значении. Поэтому рассмотрим влияние различных факторов на смещение химического равновесия более подробно.

Пусть в равновесную систему

$$2H_2(г) + O_2(г) \rightleftarrows 2H_2O(г) \qquad (4.3)$$

вводится избыток водорода. Постоянство значения константы равновесия $K_p = \frac{p^2(H_2O)}{p^2(H_2)p(O_2)}$ может быть при этом сохранено только в том случае, если соответственно уменьшится концентрация кислорода и увеличится концентрация водяного пара. Практически это означает, что, желая при данных внешних условиях полнее использовать кислород, следует увеличивать концентрацию водорода. С другой стороны, чтобы полнее использовать водород, нужно вводить в систему избыток кислорода.

Того же эффекта - более полного использования одного из реагирующих веществ - можно добиться и путем уменьшения концентрации другого участника реакции. Допустим, что система (4.3) заключена в реакционном

сосуде, непроницаемом для водяного пара и кислорода, но пропускающем водород. Тогда последний будет покидать систему, уменьшая тем самым знаменатель выражения для константы равновесия. В силу постоянства $K_p$, неизбежным результатом этого явится дальнейшее разложение водяного пара и накопление свободного кислорода.

Соединение водорода с кислородом сопровождается выделением тепла, а распад водяного пара - его поглощением. Поэтому, чем больше тепла сообщается системе извне, тем более это благоприятствует распаду водяного пара, т. е. эндотермической реакции. Наоборот, отвод тепла от системы путем ее охлаждения затрудняет распад водяного пара и тем самым благоприятствует более полному соединению водорода с кислородом, т. е. экзотермической реакции. Следовательно, при нагревании равновесной системы равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, при охлаждении - в сторону экзотермической.

Для газообразной системы (4.3) имеем в левой части уравнения 3 моля газов, в правой - 2 моля. Применяя закон Авогадро, найдем, что если бы весь водяной пар разложился на водород и кислород, то система занимала бы объем $V = V_m \cdot n = 22{,}4 \cdot 3 = 67{,}2$ л, а если бы распада совсем не было - $V = V_m \cdot n = 22{,}4 \cdot 2 = 44{,}8$ л.

Изменение оказываемого на газообразную систему внешнего давления должно вызывать соответствующее изменение объема. При повышении давления он будет уменьшаться, при понижении – увеличиваться. Допустим, что оказываемое на систему внешнее давление повышается. Равновесие (4.3) при этом будет смещаться в сторону образования водяного пара, т. е. его относительная концентрация возрастет. Но по закону действия масс соответственно ускоряется идущее с увеличением объема разложение водяного пара на водород и кислород: $\overleftarrow{V} = kC^2(H_2O)$. Новое состояние равновесия установится при такой концентрации водяного пара, когда создаваемое самой системой давление станет равно производимому на нее извне.

Таким образом, при увеличении внешнего давления на систему (4.3) равновесие сместится в сторону образования паров воды, при уменьшении - в сторону распада ее молекул. Следует обратить внимание, что речь идет об изменении общего, а не парциального давления газов. Внешнее воздействие на равновесную систему, заключающееся в изменении парциального давления какого - либо газообразного реагента идентично ситуации, когда меняется концентрация этого реагента. В общем случае, для реакций с участием газов повышение внешнего давления смещает равновесие в сторону меньшего числа молей газообразных веществ. Отсюда вытекает формулировка принципа смещения равновесий применительно к влиянию давления на равновесие обратимых газовых реакций: **при увеличении давления равновесие смещается в сторону образования меньшего числа молекул газообразных веществ, а при уменьшении давления - в сторону большего.**

В том случае, когда общее число молекул газообразных веществ в левой и правой частях уравнения реакции одинаково, изменение давления не влияет на положение химического равновесия.

Занимаемые твердыми и жидкими веществами объемы мало меняются в процессе изменения внешнего давления. Поэтому данный параметр почти не влияет на равновесия конденсированных систем. В смешанных случаях, когда одновременно имеются вещества в различных агрегатных состояниях, для учета влияния давления на равновесие практическое значение обычно имеет только число молекул газообразных веществ.

В качестве примера рассмотрим гетерогенную равновесную систему:

$$CO_2(г) + C(уголь) \rightleftarrows 2CO(г).$$

Подходя к подсчету количества частиц формально (2 моля - слева и 2 моля - справа), можно было бы сделать вывод, что давление не влияет на равновесие данной системы. Однако газами являются только $CO_2$ и CO. По-

этому повышение давления будет смещать рассматриваемое равновесие влево (в сторону меньшего числа молей газообразных веществ), а понижение давления - вправо (в сторону большего числа молей газов).

В соответствии с принципом Ле Шателье - Брауна происходят смещения всех фазовых равновесий. Так, если повышать давление в системе, то сдвиг равновесия будет происходить в сторону той фазы, которая имеет меньший удельный объем и большую плотность. Например, с увеличением давления сместится в сторону продукта следующее равновесие (под химическими формулами веществ указаны их удельные объемы при соответствующих температуре и давлении):

$$\underset{0{,}442\ см^3/г\ (при\ 20\ °C)}{C(графит)} \rightleftarrows \underset{0{,}284\ см^3/г\ (при\ 20\ °C)}{C(алмаз)}.$$

Изменение внешнего давления мало влияет на химическое равновесие фазового перехода, когда все участвующие в нем вещества находятся в конденсированном состоянии. Заметно влияют лишь давления порядка $1 \cdot 10^9$ Па. В соответствии с этим, существенно зависят от давления температуры кипения веществ и мало зависят температуры плавления.

Разбавление газообразных реагентов инертным газом приводит к смещению равновесия в том же направлении, что и уменьшение общего давления в системе.

Повышение температуры ведет к смещению фазового равновесия в том направлении, которое характеризуется поглощением теплоты. Так, диссоциация одного моля паров воды на водород $H_2$ и кислород $O_2$ требует затрат 241,98 кДж (эндотермический процесс). При обычной температуре вода - вполне термически устойчивое соединение, но с ростом температуры происходит постепенный сдвиг вправо соответствующего равновесия (4.3).

Сдвиг равновесия приводит к тому, что степень разложения воды на

водород и кислород, составляющая, например, 0,03 % при 1273 К достигает 11,2 % при 2773 К.

## 4.5. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$$C(\text{уголь}) + 2N_2O(г) \rightleftarrows CO_2(г) + 2N_2(г).$$

2. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$$CO_2(г) + 2N_2(г) \rightleftarrows C(\text{уголь}) + 2N_2O(г).$$

3. Рассчитайте исходную концентрацию $O_2$, если равновесные концентрации составляют $C(O_2) = 0{,}1$ моль/л, $C(SO_2) = 0{,}15$ моль/л:

$$2CuS(к) + 3O_2(г) \rightleftarrows 2CuO(к) + 2SO_2(г).$$

4. Рассчитайте исходную концентрацию водорода, если равновесные концентрации составляют $C(H_2) = 0{,}15$ моль/л, $C(H_2O) = 0{,}3$ моль/л:

$$3Fe_2O_3(к) + H_2(г) \rightleftarrows 2Fe_3O_4(к) + H_2O(г).$$

5. Как сдвинется равновесие, если объём системы уменьшится:

$$2H_2(г) + O_2(г) \rightleftarrows 2H_2O(г).$$

6. В какую сторону сдвинется равновесие при уменьшении объёма системы:

$$H_2(г) + Br_2(г) \rightleftarrows 2HBr(г).$$

7. В каком направлении сдвинется равновесие при повышении температуры:

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightleftarrows 2CO_2 + 2H_2O \quad \Delta H^o = -1323 \text{ кДж/моль}.$$

8. Как сдвинется равновесие в системе, если уменьшить температуру:

$$2CO_2 \rightleftarrows 2CO + O_2 \quad \Delta H^o = 655 \text{ кДж /моль}.$$

9. Как повлияет на равновесие падение температуры в системе:

$$FeO + CO \rightleftarrows Fe + CO_2 \quad \Delta H^o = -86 \text{ кДж/моль}.$$

## Глава 5
## ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ

## 5.1. РАСТВОРЫ

Среди различных веществ, окружающих нас в природе, лишь очень немногие не содержат примесей. Большинство природных и техногенных веществ содержат несколько компонентов и представляют собой смеси. Многие такие смеси являются гомогенными (однородными), т. е. составляющие их компоненты равномерно на молекулярном уровне распределены относительно друг друга. Подобные гомогенные системы переменного состава, образованные двумя и более веществами, называют **растворами.**

Примерами растворов служат природные водные системы, многие технические растворы, применяемые при обогащении полезных ископаемых, различные фракции перегонки нефти.

Если при образовании раствора равномерное распределение индивидуальных веществ приводит к образованию твердой однофазной системы, то такую систему называют твердым раствором. Твердые растворы составляют основу большинства применяемых в технике сплавов металлов. Эти растворы также распространены среди природных минералов.

Кроме жидких и твердых растворов существуют газовые растворы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой гомогенную смесь газообразных веществ. В окружающем нас мире можно найти много примеров растворов. Так, воды Мирового океана представляют собой водный раствор большого числа различных веществ.

Природные водные растворы являются сложными физико - химическими системами, образующимися при взаимодействии воды с горными породами и минералами. К природным растворам относятся как поверхностные воды (воды рек, озер, морей, океанов), так и подземные воды (почвенные и грунтовые воды, межпластовые, жильные, карстовые воды и т. п.).

Среднее содержание солей в речных водах составляет около 0,01 % (по массе). Несмотря на относительно малое содержание растворенных солей, их

ежегодно выносится реками в океан более двух миллиардов тонн. Содержание солей в морской воде несравненно больше, чем в речной. Для Мирового океана оно составляет в среднем 3,5 %. Среди солей океана значительно преобладают хлориды и сульфаты натрия и магния. Среднее содержание важнейших ионов океанской воды (в массовых процентах) представлено в таблице 5.1.

Основное количество ионов металлов накапливалось в морской воде в результате разрушения горных пород земной поверхности. Кроме отмеченных выше, океан содержит практически и все остальные известные химические элементы, но в еще меньших количествах.

Для характеристики составных частей растворов используют понятия «растворитель» и «растворенное вещество». Обычно растворителем называют компонент, сохраняющий свое фазовое состояние при образовании раствора.

*Таблица 5.1*

**Процентное содержание ионов, присутствующих в морской воде в наибольшем количестве**

| Ион | $Cl^-$ | $Na^+$ | $SO_4^{2-}$ | $Mg^{2+}$ | $Ca^{2+}$ | $K^+$ | $HCO_3^-$, $CO_3^{2-}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ω, % | 1,9 | 1,1 | 0,27 | 0,13 | 0,041 | 0,040 | 0,011 |

Например, при образовании раствора из NaCl и $H_2O$ растворителем является вода, т. к. именно она переходит в раствор, не меняя своего агрегатного состояния. Если все компоненты раствора до перемешивания находятся в одинаковой фазе, растворителем называют тот компонент, который содер-

жится в наибольшем количестве. Например, в окружающем нас газообразном по агрегатному состоянию растворе - атмосферном воздухе растворителем является азот. Остальные газы, присутствующие в атмосфере в меньшем количестве (кислород, углекислый газ, водород и т. д.), являются растворенными веществами. Количество растворенного компонента принято характеризовать концентрацией раствора.

## 5.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Концентрация является одной из важных характеристик раствора. Для качественного описания концентрации используются такие понятия как разбавленный и концентрированный раствор. Растворы, содержащие очень много растворенного вещества, называют **концентрированными**, содержащие его немного - **разбавленными**. Концентрированный раствор может быть насыщенным и ненасыщенным.

Для водных растворов веществ при фиксированном значении температуры обычно существует предел насыщения. Например, сколько бы ни находился хлорид натрия в воде при 20 °С, больше 36 г NaCl в 100 г $H_2O$ не растворится, избыточное количество соли останется в твердой фазе.

В насыщенном жидком растворе осадок твердого вещества существует в динамическом равновесии с тем же веществом, находящимся в растворенном состоянии: скорость отрыва частиц с поверхности кристаллов равна скорости их обратного оседания.

Раствор, в котором растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, называется ненасыщенным. При внесении в него новых количеств данного вещества, последнее растворяется и концентрация раствора возрастает. Раствор называется пересыщенным, если его концентрация больше, чем у насыщенного раствора. Пересыщенный раствор может образоваться, например, в результате осторожного охлаждения раствора, насыщенного при

более высокой температуре. Если внести в него частицу того вещества, которое в нем растворено, весь избыток последнего сразу выкристаллизовывается. Пересыщенные растворы в отличие от насыщенных - неустойчивые системы и способны существовать только в отсутствии контактирующей с ними твердой фазы растворенного вещества (затравки).

Следует принимать во внимание, что насыщенный раствор может содержать очень мало растворенного вещества, если оно плохо растворимо. Например, насыщенный раствор $CaSO_4$ при 18 °С содержит в 100 г раствора всего 0,2 г соли, тогда как раствор, содержащий 25 г $KNO_3$ в 100 г воды при 20 °С, - ненасыщенный.

Для количественного выражения концентрации растворов на практике используют несколько способов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1. **ω(X) - массовая доля растворенного вещества**. Определяется отношением массы растворенного вещества X к общей массе раствора. Выражается в процентах или долях единицы:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{раствора})} 100\,\%.$$

Например, ω(NaCl) = 2,5 % - массовая доля хлорида натрия в растворе составляет 2,5 %.

2. **C(X) – молярная концентрация** (концентрация количества растворенного вещества X). Определяется числом молей ν(X) данного компонента, приходящимся на единицу объема раствора (1 л); размерность моль/л или второе возможное обозначение – М:

$$C(X) = \frac{\nu(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(X)V} \quad [\frac{\text{моль}}{\text{л}}].$$

Например, C(HCl) = 0,1 моль/л или C(HCl) = 0,1 М - молярная концентрация раствора соляной кислоты составляет 0,1 моль/л.

3. **$\chi$(X) – молярная доля компонента X**. Определяется отношением числа молей этого компонента к сумме чисел молей всех компонентов раствора. Молярная доля может быть выражена как в долях единицы, так и в процентах:

$$\chi(X) = \frac{\nu(X)}{\sum \nu_i}.$$

Молярные доли являются наиболее удобными характеристиками состава при теоретическом анализе свойств растворов, поскольку показывают, какую часть от общего числа молекул (атомов) в системе составляют молекулы (атомы) определенного компонента.

4. **b(X) – моляльная концентрация** раствора или моляльность. Определяется отношением количества растворенного вещества $\nu$(X) к массе растворителя m(Y); размерность моль/кг:

$$b(X) = \frac{\nu(X)}{m(Y)} \ [\frac{\text{моль}}{\text{кг}}].$$

Следует обратить внимание на различие между молярной концентрацией и моляльностью: при определении моляльности используется масса растворителя, при определении молярности – объем раствора.

5. **$C_f$(Э(X))** или **$C_н$(Э(X)) – молярная концентрация эквивалента (эквивалентная концентрация)**. Определяется отношением числа молей эквивалента вещества $\nu_f$(X) к объему раствора; размерность моль (экв)/л или второе возможное обозначение – н.:

$$C_f(Э(X)) = \frac{\nu_f(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(Э(X))} \quad [\frac{моль}{л}].$$

Например, молярная концентрация эквивалента соляной кислоты составляет 0,1 моль/л: $C_f(HCl)$ = 0,1 моль/л или $C_f(HCl)$ = 0,1 н.; молярная концентрация эквивалента фосфорной кислоты составляет 0,2 моль/л: $C_f(1/3\ H_3PO_4)$ = 0,2 моль/л или $C_f(1/3\ H_3PO_4)$ = 0,2 н.

Напомним, что **эквивалент Э(Х)** - это реальная либо условная частица (атом, молекула либо какая-то часть молекулы) вещества Х, которая эквивалентна одному иону водорода в реакции ионного обмена или одному электрону в окислительно - восстановительной реакции.

Необходимо особо подчеркнуть, что эквивалент для данного вещества не является неизменной величиной, а зависит от того, в какой конкретной реакции участвует это вещество.

Поскольку для кислот и оснований эквивалент представляет собой частицу вещества, которая в данной реакции высвобождает один ион водорода или соединяется с ним (или каким-либо другим образом эквивалентна ему), то, например, в реакции:

$$KOH + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + H_2O$$

эквивалент фосфорной кислоты равен молекуле $H_3PO_4$ ($Э(H_3PO_4) = H_3PO_4$), поскольку в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает только один ион водорода.

В другой реакции:

$$2KOH + H_3PO_4 = K_2HPO_4 + 2H_2O$$

эквивалент кислоты равен половине молекулы ($Э(H_3PO_4) = ½\ H_3PO_4$), т. к. в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает два иона

водорода.

В случае реакции восстановления $KMnO_4$ в кислой среде

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

эквивалент $KMnO_4$ составляет 1/5 часть молекулы, т. к. в данной реакции один перманганат – ион (одна молекула перманганата калия) присоединяет пять электронов:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O.$$

Следовательно, $Э(KMnO_4) = 1/5\ KMnO_4$.

Для реакции восстановления $KMnO_4$ в нейтральной среде

$$2KMnO_4 + 3Na_2SO_3 + H_2O = 2MnO_2 + 3Na_2SO_4 + 2KOH$$

эквивалент $KMnO_4$ будет равен 1/3 части молекулы, т. к. в данной реакции одна молекула перманганата калия присоединяет три электрона:

$$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-.$$

Следовательно, $Э(KMnO_4) = 1/3\ KMnO_4$.

Молярной массой эквивалента вещества X называют массу одного моля эквивалентов этого вещества.

Например, если $Э(H_3PO_4) = 1/2\ H_3PO_4$, то $M(Э(H_3PO_4)) = 1/2\ M(H_3PO_4) =$ $= 98/2 = 49$ г/моль.

### 5.2.1. Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:

$$Cr(OH)_3 + HCl = Cr(OH)_2Cl + H_2O.$$

2. Вычислить молярную массу эквивалента кислоты, исходя из уравнения реакции:

$$H_3AsO_4 + 2NaOH = Na_2HAsO_4 + 2H_2O.$$

3. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:

$$Cu(OH)_2 + HCl = CuOHCl + H_2O.$$

4. Рассчитать массовую долю вещества в растворе, полученного при растворении 4 г этого вещества в 30 мл воды.

5. Сколько граммов вещества нужно растворить в 460 г воды, чтобы получить 20 %-ный раствор?

6. Сколько граммов соли и воды содержится в 700 г 11 %-ного раствора ?

7. К 1 л 6 %-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho$ = 1,031 г/мл) прилили 1 л воды. Какова молярная концентрация полученного раствора?

8. Сколько граммов $Na_2CO_3$ содержится в 1 л 0,5 н. раствора?

9. Вычислить молярность 12 %-ного раствора KOH ($\rho$ = 1,1 г/мл).

10. В 250 мл раствора KCNS содержится 30 г соли. Вычислить эквивалентную концентрацию раствора.

11. Вычислить молярную концентрацию 20 %-ного раствора сульфата железа (II) ($\rho$ = 1,21 г/мл).

12. Сколько граммов $AgNO_3$ и воды надо взять для приготовления 200 мл 0,1 н. раствора?

13. Сколько граммов хлорида железа (III) содержится в 20 мл 0,15 н.

раствора?

14. По известной молярной концентрации выразить концентрацию водного раствора через массовую долю растворенного вещества, моляльность, молярную долю и эквивалентную концентрацию:

| Номер задачи | Растворенное вещество | Концентрация C(X), моль/л | Плотность раствора, г/мл | Температура T, K |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $AgNO_3$ | 1,405 | 1,194 | 293 |
| 2 | $AlCl_3$ | 1,185 | 1,129 | 291 |
| 3 | $BaCl_2$ | 1,444 | 1,253 | 293 |
| 4 | $CaCl_2$ | 1,190 | 1,101 | 293 |
| 5 | $Ca(NO_3)_2$ | 1,100 | 1,128 | 291 |
| 6 | $CdSO_4$ | 1,034 | 1,198 | 291 |
| 7 | $FeCl_3$ | 1,900 | 1,234 | 293 |

Ответы. **1**. 20 %; 1,468 моль/1000 г; 0,026; 1,405 моль(экв)/л. **2.** 14 %; 1,22 моль/1000 г; 0,022; 3,555 моль(экв)/л. **3**. 24 %; 1,52 моль/1000 г; 0,027; 2,89 моль(экв)/л. **4.** 12 %; 1,23 моль/1000 г; 0,022; 2,38 моль(экв)/л. **5.** 16 %; 1,161 моль/1000 г; 0,021; 2,2 моль(экв)/л. **6**. 18 %; 1,053 моль/1000 г; 0,019; 2,068 моль(экв)/л. **7**. 25 %; 2,055 моль/1000 г; 0,036; 5,7 моль(экв)/л.

## 5.3. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

**Растворимостью** называют способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость характеризуется концентрацией насыщенного раствора при определенных температуре и давлении. Растворимость зависит от природы растворенного вещества и растворителя, температуры, внешнего давления. Растворимость твердых, жидких и

газообразных веществ в жидкостях во многом зависит от того, являются ли растворенное вещество и растворитель оба полярными или неполярными веществами (взаимная растворимость относительно велика), или одно из них полярно, а другое неполярно (взаимная растворимость незначительна).

Молекула называется **полярной** (дипольной), если в ней центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии r друг от друга. Мерой полярности молекулы служит **дипольный момент μ** - произведение абсолютной величины заряда e одного из полюсов диполя на расстояние r между центрами зарядов: $\mu = e \cdot r$.

Жидкости, используемые в качестве растворителей, считают малополярными, если дипольный момент образующих их молекул менее $5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. При отнесении растворителей к числу мало- или сильнополярных можно руководствоваться табличными величинами диэлектрической проницаемости для этих жидкостей. Низким значениям дипольного момента ($\mu < 5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м), как правило, отвечают низкие значения диэлектрической проницаемости ($\varepsilon < 10$); жидкости же, отличающиеся большой полярностью и высокими значениями дипольного момента молекул, характеризуются также и выраженными диэлектрическими свойствами ($\varepsilon > 10$).

В табл. 5.2 приведены значения дипольных моментов молекул и диэлектрической проницаемости для наиболее часто применяемых растворителей.

Полярные растворители обычно смешиваются в любых пропорциях и могут также служить хорошими растворителями для других (твердых и газообразных) веществ полярного характера. Точно так же неполярные растворители, обнаруживая неограниченную растворимость друг в друге, могут служить хорошими растворителями для большинства веществ неполярного или малополярного характера. Поэтому задача подбора подходящего растворителя для того или иного вещества может быть упрощена, если известна его полярность.

*Таблица 5.2*

**Значения дипольного момента и диэлектрической проницаемости для распространенных растворителей (Т = 298 К)**

| Растворитель | $\mu \cdot 10^{-30}$ Кл·м | ε |
|---|---|---|
| Ацетон $CH_3COCH_3$ | 9,8 | 20,7 |
| Бензол $C_6H_6$ | 0 | 2,28 |
| Вода $H_2O$ | 6,1 | 80,08 |
| Метанол $CH_3OH$ | 5,6 | 32,63 |
| Нитробензол $C_6H_5NO_2$ | 13,3 | 34,75 |
| Сероуглерод $CS_2$ | 0 | 2,64 |
| Тетрахлорид углерода $CCl_4$ | 0 | 2,24 |
| Толуол $C_6H_5CH_3$ | 1,3 | 2,38 |
| Хлороформ $CHCl_3$ | 3,8 | 4,72 |
| Этанол $C_2H_5OH$ | 5,7 | 25,2 |

Растворимость различных веществ в одном и том же растворителе, например, в воде, может изменяться в значительных пределах. Принято считать легкорастворимым вещество, растворимость которого при комнатной температуре (293 К) превышает 10 г на 100 г растворителя. Если растворимость находится в пределах 0,01 – 1,00 г на 100 г растворителя, то вещество считают труднорастворимым. При растворимости менее 0,01 г на 100 г растворителя вещество считают практически нерастворимым.

Образование раствора двумя веществами, каждое из которых находится в конденсированном состоянии (твердом или жидком), обычно сопровождается сравнительно небольшими изменениями объема (чаше всего в сторону сокращения). При этом давление незначительно влияет на величину их

взаимной растворимости. Лишь при давлениях порядка $10^9$ Па удается отметить существенное изменение взаимной растворимости такого рода веществ, причем характер этого изменения можно предсказать, исходя из принципа Ле Шателье – Брауна.

Так, если при образовании раствора из двух твердых или жидких веществ А и В происходит сокращение объема, то увеличение давления оказывает положительное влияние на их взаимную растворимость. Если же при растворении имеет место увеличение объема системы, то давление оказывает отрицательное влияние на растворимость. Например, растворение нитрата аммония $NH_4NO_3$ в воде сопровождается увеличением объема и при давлениях порядка $10^9$ Па растворимость этого вещества в воде уменьшается примерно вдвое в сравнении с растворимостью при атмосферном давлении. Если растворяемое вещество газ, а растворителем является жидкость (или твердое вещество), то образование раствора сопровождается значительным сокращением объема системы. В соответствии с этим растворимость газов в жидкостях заметно возрастает по мере увеличения давления.

Согласно устоявшимся представлениям, растворяемое вещество взаимодействует с молекулами растворителя. В результате в растворе образуются соединения, состоящие из растворенного вещества и растворителя. Такие соединения получили название сольватов (от латинского solvere – растворять), а если растворитель – вода, то гидратов. Состав сольватов в растворе непостоянен: он меняется с изменением концентрации и температуры раствора. Наряду с сольватами (гидратами) в растворе имеются и свободные молекулы растворителя. Поэтому состав раствора в отличие от химических соединений может меняться в широких пределах. Гидраты часто удается выделить, охлаждая или выпаривая раствор, например, получены гидраты $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Некоторые гидраты оказываются нестойкими, легко разлагаются при выпаривании раствора. Их существование в растворе удается доказать лишь косвенными методами, например, исследуя спектры поглощения.

## 5.4. ОСМОС. ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

Растворы различных веществ обладают способностью к диффузии. Это явление заключается в том, что сольватированные молекулы (ионы) растворенного вещества самопроизвольно перемещаются в среде растворителя из локальных областей большей концентрации в локальные области меньшей концентрации. В результате с течением времени концентрация раствора становится одинаковой во всем объеме жидкости. Самопроизвольное выравнивание концентрации происходит и тогда, когда два раствора различной концентрации (или раствор и растворитель) отделены друг от друга полупроницаемой перегородкой (мембраной). Такие перегородки легко пропускают через себя молекулы растворителя (например, воды), но задерживают частицы растворенного вещества. Этим свойством обладают пергамент, оболочки клеток и др. Выравнивание концентрации через полупроницаемую мембрану идет односторонне – путем поглощения растворителя из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией. Процесс односторонней диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану называется **осмосом.**

Механизм осмоса можно представить следующим образом. Так как концентрация молекул воды в разбавленном растворе больше, чем в концентрированном, а система стремится к равновесному состоянию, то из первого раствора во второй проникает через полупроницаемую мембрану больше молекул воды, чем уходит в обратном направлении. Давление, которое надо приложить к раствору, чтобы привести его в равновесие с чистым растворителем, отделенным от раствора полупроницаемой мембраной, называется осмотическим.

Немецкий ученый Пфеффер в 1887 году установил следующие **закономерности осмоса:**

1) осмотическое давление при постоянной температуре прямо пропорционально концентрации раствора:

2) осмотическое давление при постоянной концентрации пропорционально абсолютной температуре.

В том же 1887 году голландский ученый Вант - Гофф открыл закон:

**осмотическое давление раствора равно тому давлению, которое производило бы растворенное вещество, если бы оно в виде газа занимало при той же температуре объем, равный объему раствора**:

$$p = CRT, \qquad (5.1)$$

где p - осмотическое давление раствора; C - моляльная концентрация раствора; R - константа, численно равная универсальной газовой постоянной; T - абсолютная температура.

Закон Вант - Гоффа применим лишь к разбавленным растворам неэлектролитов, т. е. к тем системам, в которых можно пренебречь взаимодействием молекул растворенного вещества друг с другом и с молекулами растворителя. Растворы неэлектролитов высокой концентрации и электролитов любой концентрации обнаруживают значительные отклонения от этого закона.

Осмотическое давление проявляется лишь в том случае, если на пути к равномерному распределению растворенного вещества во всем объеме раствора встает полупроницаемая мембрана. При этом стремление растворенного вещества к диффузии в направлении меньших концентраций проявляется в виде одностороннего давления на полупроницаемую перегородку, поскольку давление по другую сторону этой перегородки, проистекающее от тех же самых тенденций, меньше. Таким образом, осмотическое давление не означает какое-то дополнительное механическое давление в растворителе, возникающее из-за наличия в нем растворенного вещества, а является лишь мерой стремления растворенного вещества к равномерному распределению во всем объеме растворителя, находящегося по обе стороны полупроницаемой мембраны.

Растворы, имеющие одинаковое осмотическое давление, называют **изотоническими**. Исходя из уравнения (5.1), можно было бы ожидать, что растворы самых разнообразных веществ, имеющие одну и ту же молярную концентрацию, должны быть изотоническими. В действительности из-за того, что одни вещества при растворении распадаются на ионы (более подробно о диссоциации – раздел 6) или же в результате ассоциации образуют более сложные агрегаты молекул, а другие при этом не претерпевают изменений, растворы равной молярной концентрации не всегда оказываются изотоническими.

Если учесть, что из $n_0$ молекул растворенного вещества образуется $n_i$ дочерних частиц, то в уравнение (5.1) для расчета осмотического давления необходимо ввести дополнительный множитель i, называемый изотоническим коэффициентом Вант - Гоффа:

$$p_{осм.} = i \cdot C \cdot R \cdot T.$$

Коэффициент i равен отношению числа отдельных частиц (молекул, ионов, ассоциированных молекул) $n_i$ к общему числу молекул растворенного вещества $n_o$ в объеме раствора: $i = n_i / n_o$. Он показывает, во сколько раз число частиц в растворе электролита больше, чем в растворе неэлектролита с такой же концентрацией.

Если из общего числа молекул растворенного вещества какая то часть $\alpha$ их первоначального количества распалась на $\nu$ дочерних частиц, а остальная часть молекул $(1 - \alpha)$ остается в неизменном виде, то изотонический коэффициент будет равен:

$$i = \alpha\nu + (1 - \alpha) = \alpha(\nu - 1) + 1.$$

Для электролита, распадающегося на 2 иона ($\nu = 2$), например, для NaCl, $i = 1 + \alpha$; для $CaCl_2$ (распадается на три иона) $i = 1 + 2\alpha$ и т. д. Для ассоциата,

например, $H_2F_2$ ($\nu = 1/2$) $i = 1 - 1/2\alpha$. Во всех случаях $\alpha$ - это степень диссоциации или степень ассоциации растворенного вещества, выраженная в долях единицы.

### 5.4.1. Примеры решения задач

Задача 1. Давление паров воды при 293 К составляет 2332,82 Па, а давление пара раствора, содержащего нелетучее растворенное вещество – 2290,26 Па.

Определите осмотическое давление раствора при 313 К, если его плотность при этой температуре 1,01 г/см$^3$, а молярная масса растворенного вещества равна 60 г/моль.

Решение.

1) Определим молярную долю растворенного вещества в растворе:

$$N_2 = \frac{p^0_{H_2O} - p_{H_2O}}{p^0_{H_2O}} = \frac{2332,82 - 2290,26}{2332,82} = 0,0182.$$

2) Пересчитаем концентрацию, выраженную в молярных долях, на молярную концентрацию:

$$C_2 = \frac{1000\rho N_2}{N_2M_2 + N_1M_1} = \frac{1000 \cdot 1,01 \cdot 0,0182}{0,0182 \cdot 60 + 0,9818 \cdot 18,016} = 0,98 \text{ моль/л.}$$

3) Определим осмотическое давление:

$$p_{осм.} = CRT = 0,98 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 313 = 2,573 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Ответ: осмотическое давление раствора составляет $2,573 \cdot 10^6$ Па.

Задача 2. В каком растворе осмотическое давление будет максимальным,

если $C(NaCl) = C(K_2SO_4) = C(C_6H_{12}O_6) = 0{,}2$ моль/л?

Решение.

1) Осмотическое давление растворов электролитов (NaCl и $K_2SO_4$) будет выше, чем осмотическое давление раствора неэлектролита – глюкозы ($C_6H_{12}O_6$), так как:

$p_{осм.}(NaCl) = iCRT$; $p_{осм.}(K_2SO_4) = iCRT$; $p_{осм.}(C_6H_{12}O_6) = CRT$, где $i > 1$.

2) Из двух растворов электролитов максимальное осмотическое давление будет в растворе с наибольшим изотоническим коэффициентом i.

Для сильных электролитов степень элетролитической диссоциации $\alpha$ можно принять за 1, тогда: $i(NaCl) = 1 + 1(2-1) = 2$; $i(K_2SO_4) = 1 + 1(3-1) = 3$.

Ответ: наибольшим осмотическим давлением в ряду рассмотренных растворов обладает раствор сульфата калия.

### 5.4.2. Задачи для самостоятельного решения

1. При 290 К осмотическое давление раствора, содержащего 0,125 г органического вещества в 25 мл воды, равно $2{,}006 \cdot 10^5$ Па. Вычислить молярную массу растворенного вещества. Ответ: 60 г/моль.

2. Сколько граммов глицерина следует растворить в 0,001 $м^3$ воды, чтобы осмотическое давление полученного раствора при 290 К было $2{,}026 \cdot 10^5$ Па? Ответ: 7,73 г.

3. При температуре 300 К осмотическое давление раствора сахара составляет $1{,}064 \cdot 10^5$ Па. Определите осмотическое давление этого раствора при 273 К. Ответ: $9{,}682 \cdot 10^4$ Па.

4. При 298 К давление паров воды равно 23,76 мм рт. ст., а давление паров раствора глицерина - 23,68 мм рт. ст. Вычислите осмотическое давление этого раствора при 310 К. Плотность раствора составляет величину

1,0017 г/см$^3$. Ответ: 4,585·10$^5$ Па.

## 5.5. ДАВЛЕНИЕ ПАРА РАСТВОРИТЕЛЯ НАД РАСТВОРОМ. ЗАМЕРЗАНИЕ И КИПЕНИЕ РАСТВОРА

Жидкость, помещенная в замкнутый объем, испаряется и молекулы ее пара, ударяясь о стенки сосуда, создают определенное давление. Это давление растет с повышением температуры. Если в этой жидкости растворить нелетучее вещество (например, сахар), то при той же температуре давление пара над раствором будет ниже, чем над чистым растворителем. Это можно пояснить так. У раствора часть поверхности, с которой происходит испарение, занята молекулами растворенного вещества. Поэтому в единицу времени с этой поверхности испаряется меньше молекул растворителя, следовательно, падает и создаваемое ими давление.

Французский ученый **Рауль установил закон** (1887 г.):

**в разбавленных растворах нелетучих неэлектролитов понижение давления пара пропорционально количеству вещества, растворенного в данном количестве растворителя:**

$$\Delta p = p\frac{n}{N}\ , \qquad (5.2)$$

где $\Delta p$ – понижение давления пара над раствором; p – давление пара чистого растворителя; n – число молей растворенного вещества; N – число молей растворителя.

Из уравнения (5.2) следует, что понижение давления пара растворителя над раствором не зависит от природы растворенного вещества и определяется только его концентрацией: чем выше концентрация раствора, тем сильнее уменьшается давление пара над ним.

Жидкость кипит при той температуре, при которой давление насы-

щенного пара становится равным внешнему давлению. С другой стороны, температура замерзания – это та температура, при которой давление пара над жидкостью равно давлению пара над тем же веществом в твердом состоянии. Например, температура кипения воды при нормальном давлении равна 100 °С, а замерзания – 0 °С. При 0 °С давление пара льда и жидкой воды 4,6 мм рт. ст. (613 Н/м$^2$). Так как давление пара раствора ниже давления пара чистого растворителя, то раствор кипит при более высокой, а замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель (рис. 5.1).

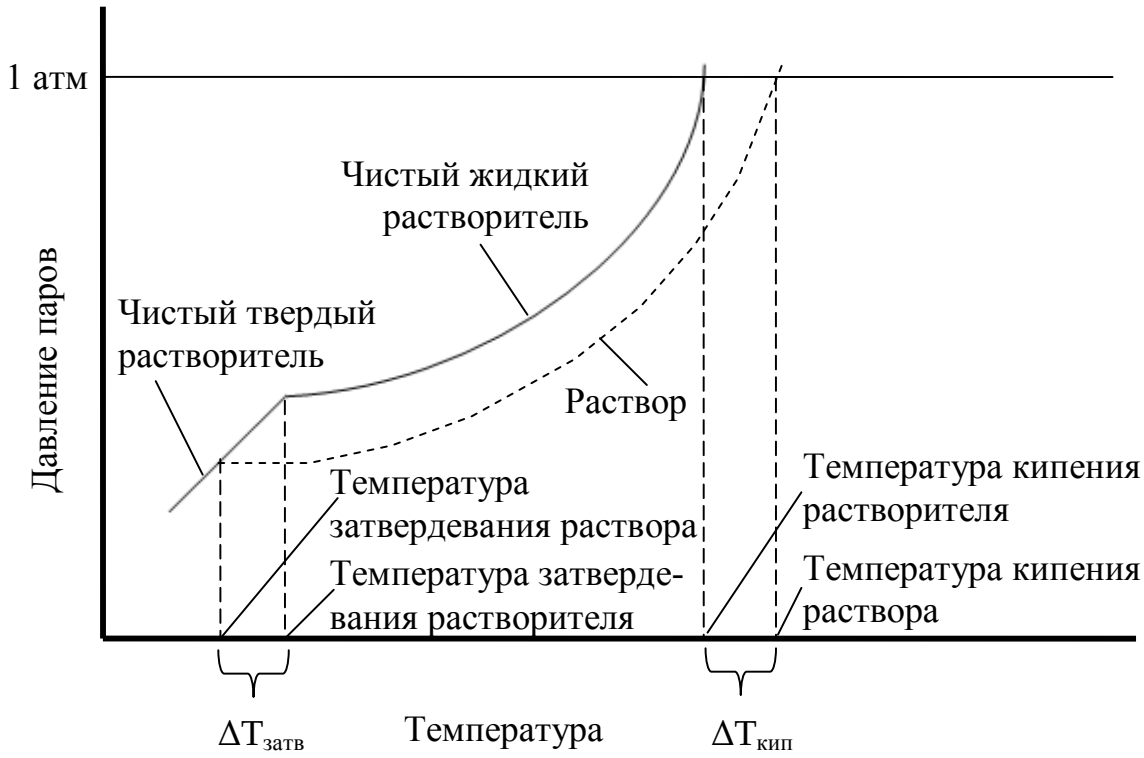



Рис. 5.1. Температурная зависимость парциального давления паров чистого растворителя и паров раствора нелетучего вещества при постоянном атмосферном давлении

Степень повышения температуры кипения и понижения температуры замерзания разбавленного раствора не зависит от природы растворенного вещества, а обусловлена только числом растворенных частиц в определенном количестве растворителя, что подчиняется закону Рауля: **понижение темпе-**

**ратуры замерзания и повышение температуры кипения пропорциональны моляльной концентрации раствора:**

$$\Delta T = K \cdot b,$$

где $\Delta T$ - понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения раствора; К - коэффициент пропорциональности; b - моляльная концентрация.

Из формулы видно, что если для неэлектролита b = 1 моль/1000 г растворителя, то К = $\Delta T$.

В случае замерзания раствора коэффициент К называется **криоскопической константой,** в случае кипения - **эбуллиоскопической константой.** Эти величины постоянны для конкретного растворителя. Например, для воды $К_{криоск.}$ = 1,86, $К_{эбулл.}$ = 0,52.

### 5.5.1. Примеры решения задач

Задача 1. Определите моляльную концентрацию примесей в технической уксусной кислоте, если она замерзает при 289,4 К, а ее криоскопическая константа равна 3,9. Температура замерзания чистой уксусной кислоты составляет 289,7 К.

Решение.

1) Определим понижение температуры замерзания уксусной кислоты в присутствии примесей:

$$\Delta T_{крист.} = T^0_{крист.} - T_{крист.} = 289{,}7 - 289{,}4 = 0{,}3 \text{ К}.$$

2) Рассчитаем содержание примесей в 1000 г технической уксусной кислоты:

$$m = \frac{\Delta T_{крист.}}{К_{крист.}} = \frac{0,3}{3,9} \approx 0,08 \text{ моль}.$$

Ответ: моляльная концентрация примесей в уксусной кислоте составляет величину 0,08 моль/кг.

Задача 2. При растворении 0,6 г вещества - неэлектролита в 25 г воды температура кипения раствора повышается на 0,204 К. При растворении 0,3 г этого же вещества в 20 г бензола температура кипения раствора повышается на 0,668 К. Определить эбуллиоскопическую постоянную бензола, если эбуллиоскопическая постоянная воды равна 0,512.

Решение.

1) Определим молярную массу растворенного в воде вещества:

$$M_2 = \frac{К_{эбулл.} \cdot m_2 \cdot 1000}{\Delta T_{кип.} \cdot m_1} = \frac{0,512 \cdot 0,6 \cdot 1000}{0,204 \cdot 25} = 60 \text{ г/моль}.$$

2) Рассчитаем эбуллиоскопическую постоянную бензола:

$$К_{эбулл.} = \frac{\Delta T_{кип.} \cdot M_2 \cdot m_1}{m_2 \cdot 1000} = \frac{0,668 \cdot 60 \cdot 20}{0,3 \cdot 1000} = 2,67.$$

Ответ: эбуллиоскопическая постоянная бензола равна 2,67.

Задача 3. Определить степень электролитической диссоциации хлорида натрия и хлорида кальция в 2,5 % - ных водных растворах. Температуры кристаллизации растворов составляют 271,61 К и 271,95 К соответственно. Криоскопическая постоянная для воды равна 1,85.

Решение.

1) Определим моляльные концентрации растворов:

$$m(NaCl) = \frac{\omega(NaCl)1000}{M(NaCl)\omega(N_2O)} = \frac{2,5 \cdot 1000}{58,5 \cdot 97,5} = 0,438 \text{ моль/кг.}$$

$$m(CaCl_2) = \frac{\omega(CaCl_2)1000}{M(CaCl_2)\omega(H_2O)} = \frac{2,5 \cdot 1000}{111 \cdot 97,5} = 0,231 \text{ моль/кг.}$$

2) Рассчитаем изотонические коэффициенты для этих растворов:

$$i = \frac{\Delta T_{крист.}}{К_{криоск.} \cdot m}; i(NaCl) = \frac{273,15 - 271,61}{1,85 \cdot 0,438} = 1,901; i(CaCl_2) = \frac{273,15 - 271,95}{1,85 \cdot 0,231} = 2,808.$$

3) Рассчитаем степень электролитической диссоциации веществ, принимая во внимание, что молекула NaCl диссоциирует на два иона ($\nu = 2$), а молекула $CaCl_2$ – на три ($\nu = 3$):

$$i = \alpha(\nu - 1) + 1; \quad \alpha(NaCl) = \frac{1,901 - 1}{2 - 1} = 0,901 \ (90,1\%); \ \alpha(CaCl_2) = \frac{2,808 - 1}{3 - 1} = 0,904.$$

Ответ: $\alpha(NaCl) = 90,1$ %, $\alpha(CaCl_2) = 90,4$ %.

### 5.5.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Температура кипения бензола равна 80,1 °С. Его молярная теплота испарения составляет 30,77 кДж/моль. Определить температуру кипения раствора, содержащего 0,01 молярную долю нелетучего вещества в бензоле. Ответ: 80,44 °С.

2. Температура кипения сероуглерода 46,20 °С. Его эбуллиоскопическая постоянная составляет 2,3. В 50 г сероуглерода растворено 0,9373 г бензойной кислоты. Полученный раствор имеет температуру кипения 46,39 °С. Опре-

делить молярную массу бензойной кислоты в сероуглероде. Ответ: 226,9 г/моль.

3. Раствор, содержащий в 42 г бензола 0,5 г нелетучего растворенного вещества с молярной массой 182 г/моль, кипит при 80,27 °С. Температура кипения чистого бензола 80,1 °С. Определить молярную теплоту испарения бензола. Ответ: 31,19 кДж/моль.

4. Сколько граммов глицерина необходимо добавить к 1,0 кг воды, чтобы раствор не замерзал до минус 0,5 °С? Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. Ответ: 24,75 г.

5. Раствор, содержащий 1,5 г КС1 в 100 г воды, замерзает при - 0,684 °С. Определить изотонический коэффициент и давление паров воды над этим раствором при 25 °С. Давление паров чистой воды при 25 °С равно 23,76 мм рт. ст. Ответ: i = 1,83; $p(H_2O)$ = 23,60 мм рт. ст.

6. Технический диметиламин замерзает на 0,10 градуса ниже температуры плавления (180,97 °С) чистого вещества. Вычислить молярный процент примесей, считая, что твердых растворов не образуется. Теплота плавления чистого диметиламина 5941,28 Дж/моль. Ответ: 0,22 мол. %.

7. Температура замерзания водного раствора сахара равна - 0,216 °С. Вычислить осмотическое давление раствора при этой температуре, если $К_{зам}$ = 1,86, а плотность равна 1,01 г/см$^3$. Ответ: 2,54·10$^5$ Па.

## 5.6. ЗАВИСИМОСТЬ РАСТВОРИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Растворимость веществ в воде имеет особое значение в связи с той

большой ролью, которую вода играет в природе. Рассмотрим влияние, которое оказывают на растворимость температура и давление.

Растворимость газа в любом растворителе повышается при возрастании давления газа над поверхностью растворителя. В то же время растворимость, твердых и жидких веществ мало зависит от давления. Чтобы разобраться в причине влияния давления на растворимость газов, рассмотрим равновесие, устанавливающееся при их растворении.

Рассмотрим систему, представляющую собой цилиндр с поршнем. В цилиндре находится конденсированное жидкое вещество и его пары. С установлением равновесия скорость перехода молекул пара (газа) в жидкость и скорость перехода молекул из жидкости в газовую фазу уравниваются.

Допустим, что на поршень оказывают дополнительное давление и в результате происходит сжатие газа над раствором. Если объем газа над раствором уменьшится вдвое по сравнению с исходным объемом, давление газа должно возрасти приблизительно вдвое по сравнению с исходным давлением. Но это означает, что частота столкновений молекул газа с поверхностью раствора и, следовательно, скорость их перехода в раствор также возрастают в два раза. В результате растворимость газа должна увеличиваться до тех пор, пока вновь не установится равновесие, другими словами, до тех пор, пока скорость перехода молекул газа в раствор не уравняется со скоростью перехода растворенных молекул из раствора в газовую фазу. Таким образом, растворимость газа должна возрастать пропорционально его давлению. Соотношение между давлением газа и его растворимостью выражается простым уравнением, которое носит название «**закон Генри**»:

$$C(X) = k \cdot p(X),$$

где C(X) - концентрация газа в жидкой фазе; p(X) - давление газа над раствором; k - коэффициент пропорциональности (постоянная Генри).

В качестве примера укажем, что растворимость чистого газообразного азота в воде при 25 °С и давлении $7{,}9 \cdot 10^4$ Па равна $5{,}3 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Если удвоить парциальное давление газа, то, согласно закону Генри, растворимость азота в воде также удвоится и составит $1{,}06 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Закономерное уменьшение растворимости газов с повышением температуры имеет место в природе. Так, уменьшение растворимости $O_2$ в воде с повышением температуры - один из нежелательных эффектов, вызываемых «тепловым загрязнением» водоемов. Этот эффект имеет особенно серьезное значение для глубоких озер. Плотность теплой воды меньше плотности холодной воды, поэтому теплая вода остается на поверхности и не перемешивается с холодной. Это затрудняет растворение кислорода в глубоких слоях воды и, таким образом, отрицательно влияет на все формы жизни в воде.

Отметим, что растворимость большинства твердых веществ повышается с ростом температуры. Влияние температуры на растворимость зависит от изменения энтальпии, которым сопровождается процесс растворения. Если растворение веществ представляет собой эндотермический процесс, то растворимость этих веществ повышается с ростом температуры. Это можно понять, если воспользоваться принципом Ле Шателье - Брауна: если равновесие в системе нарушается в результате изменения температуры, положение равновесия системы смещается таким образом, чтобы противодействовать этому изменению.

Рассмотрим раствор, который находится в равновесии с не полностью растворившимся твердым веществом. Допустим, что процесс растворения протекает эндотермически, т. е. сопровождается поглощением теплоты из окружающей среды. В условиях равновесия справедливо следующее уравнение: растворенное вещество + растворитель + теплота $\leftrightarrow$ раствор.

Если в рассматриваемую систему поступает теплота, то, согласно принципу Ле Шателье - Брауна, равновесие сместится в таком направлении, чтобы уменьшить влияние поступления теплоты. Следовательно, оно сме-

стится в направлении, которое соответствует поглощению теплоты, т. е. вправо. Таким образом, повышение температуры системы, означающее поступление в нее теплоты, приводит к возрастанию растворимости. Если же растворение сопровождается выделением теплоты (экзотермический процесс), повышение температуры должно вызывать уменьшение растворимости.

## 5.7. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрим гетерогенное химическое равновесие, возникающее в растворах при частичном растворении труднорастворимых веществ.

Для того чтобы между твердым веществом и его раствором установилось равновесие, раствор должен быть насыщенным и находиться в соприкосновении с не полностью растворившимся веществом. В качестве примера рассмотрим насыщенный раствор магнезита, находящийся в контакте с твердым $MgCO_3$. Химическое уравнение этого равновесия имеет вид:

$$MgCO_3\downarrow \leftrightarrow Mg^{2+} + CO_3^{2-}.$$

Следовательно, в насыщенном растворе труднорастворимого электролита протекают два взаимно противоположных процесса: растворение, т. е. переход ионов из осадка в раствор, и кристаллизация – переход ионов из раствора в осадок.

Выражение для константы равновесия при растворении $MgCO_3$ имеет вид:

$$K_c = \frac{C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-})}{C(MgCO_3)}. \qquad (5.3)$$

Так как концентрация твердого вещества есть величина постоянная, можно домножить обе части выражения (5.3) на концентрацию $MgCO_3$. Тогда получим:

$$K_c \cdot C(MgCO_3) = const = C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-}). \qquad (5.4)$$

Постоянная в полученном выражении (5.4) называется **произведением растворимости** и обозначается ПР:

$$ПР(MgCO_3) = C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-}).$$

При диссоциации труднорастворимого вещества не на два, а на большее число ионов, последнее необходимо учитывать. В подобном случае произведение растворимости равно произведению молярных концентраций ионов, на которые диссоциирует вещество, каждая из которых возведена в степень, равную стехиометрическому коэффициенту при соответствующем ионе в уравнении равновесия.

Если произведение концентраций ионов в растворе труднорастворимого вещества достигает величины его произведения растворимости при данной температуре, то раствор становится насыщенным относительно этого электролита. Наоборот, если произведение концентраций ионов в растворе меньше произведения растворимости, раствор будет ненасыщенным и вещество перейдет в раствор. Понятно, что, если произведение концентраций ионов в растворе по какой - либо причине окажется больше произведения растворимости, раствор станет пересыщенным и из него выделится осадок.

Следовательно, в случае $MgCO_3$ имеем:

в ненасыщенном растворе $C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-}) < ПР(MgCO_3)$,

в насыщенном растворе $C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-}) = ПР(MgCO_3)$,

в пересыщенном растворе $C(Mg^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-}) > ПР(MgCO_3)$.

Поскольку произведение концентраций ионов в насыщенном растворе труднорастворимого вещества величина постоянная, то при увеличении концентрации одного из ионов концентрация другого иона должна уменьшаться за счет выпадения части вещества из раствора в осадок. Образование осадка будет продолжаться до тех пор, пока произведение концентраций ионов в растворе не станет равным произведению растворимости.

Рассмотрим вопрос о влиянии избытка реактива на количество осаждающихся ионов. С этой целью проанализируем ситуацию, когда к раствору $CaC1_2$ добавляют эквивалентное количество $Na_2SO_4$. Часть ионов $Ca^{2+}$ и $SO_4^{2-}$, соответствующая произведению растворимости $C(Ca^{2+})\cdot C(SO_4^{2-}) = ПР(CaSO_4)$ останется в растворе. Прибавим к раствору еще небольшое количество $Na_2SO_4$. Концентрация $SO_4^{2-}$ над осадком $CaSO_4$ увеличится, но так как произведение концентрации ионов должно оставаться постоянным, то часть ионов $Ca^{2+,}$ соответствующая избытку $SO_4^{2-}$, из раствора вновь выпадет в осадок. Чем больше мы прибавим $Na_2SO_4$, тем больше станет концентрация $SO_4^{2-}$ в растворе и тем меньше в нем останется неосажденных ионов $Ca^{2+}$.

Таким образом, **дополнительное введение в раствор труднорастворимого вещества ионов, образующихся при его диссоциации, понижает растворимость труднорастворимого вещества, и, следовательно, повышает полноту его осаждения.**

Теперь рассмотрим другой важный вопрос: как повысить растворимость труднорастворимых соединений?

Допустим, требуется перевести в раствор осадок $Be(OH)_2$. Напомним, что раствор, находящийся в соприкосновении с осадком, является насыщенным. В таком растворе:

$$C(Be^{2+})\cdot C^2(OH^-) = ПР(Be(OH)_2).$$

Прибавим к раствору соляную кислоту. При диссоциации $HC1$ образуются ионы $H^+$. Эти ионы, взаимодействуя в растворе с ионами $OH^-$ раство-

рившейся части $Be(OH)_2$ , будут связывать их в недиссоциированные молекулы $H_2O$. Поэтому произведение $C(Be^{2+})\cdot C^2(OH^-)$ станет меньше $ПР(Be(OH)_2)$, т. е. раствор окажется ненасыщенным относительно $Be(OH)_2$. Согласно принципу Ле Шателье - Брауна, для восстановления нарушенного равновесия часть осадка $Be(OH)_2$ перейдет в раствор. При этом произведение $C(Be^{2+})\cdot C^2(OH^-)$ вновь станет равным $ПР(Be(OH)_2)$. Если прибавление кислоты продолжать, то равновесие между осадком и ионами в растворе будет все время нарушаться, и все новые и новые порции осадка будут переходить в раствор. Это будет продолжаться до тех пор, пока весь осадок не растворится.

Таким образом, **чтобы растворить осадок, нужно уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, образующихся при диссоциации труднорастворимого вещества.** Этого можно достичь, связывая один из ионов, на которые диссоциирует труднорастворимое вещество, либо в слабодиссоциирующее соединение, либо в еще менее растворимое или в газообразное вещество.

С величиной произведения растворимости связано решение многих практических задач, касающихся образования или растворения осадков. По величине произведения растворимости электролита можно вычислить его растворимость и, наоборот, зная растворимость вещества, можно подсчитать величину его произведения растворимости. Рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. Выяснить, образуется ли осадок AgC1, если к 5 мл 0,1 М раствора $AgNO_3$ прибавить 5 мл 0,1 М раствора HC1? $ПР(AgCl) = 1{,}56\cdot10^{-10}$.

Решение.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо предварительно подсчитать $C(Ag^+)$ и $C(Cl^-)$. Если произведение $C(Ag^+)\cdot C(Cl^-)$ будет больше, чем ПР(AgCl), осаждение произойдет.

При смешивании исходных растворов происходит удвоение объема, поэтому концентрация каждого иона уменьшается до половины первоначальной величины, т. е. $C(Ag^+)$ и $C(Cl^-)$ станут по 0,1/2 = 0,05 моль/л. Следо-

вательно, $C(Ag^+)\cdot C(Cl^-) = 0{,}05\cdot 0{,}05 = 2{,}5\cdot 10^{-3}$. $2{,}5\cdot 10^{-3} > 1{,}56\cdot 10^{-10}$.

Поскольку произведение концентраций ионов оказалось больше ПР, то раствор пересыщен в отношении растворенной соли, и часть ее выпадает в осадок.

Ответ: Осадок AgC1 в указанных условиях образуется.

Задача 2. Растворимость сульфата серебра при комнатной температуре составляет $2{,}68\cdot 10^{-2}$ моль/л. Определить ПР($Ag_2SO_4$).

Решение.

$$Ag_2SO_4\downarrow \leftrightarrow 2Ag^+ + SO_4^{2-}.$$

$$ПР(Ag_2SO_4) = C^2(Ag^+)\cdot C(SO_4^{2-}).$$

1) Определим молярные концентрации ионов:

$C(Ag^+) = 2C(Ag_2SO_4)$, $C(SO_4^{2-}) = C(Ag_2SO_4)$.

2) Рассчитаем произведение растворимости соли:

$ПР(Ag_2SO_4) = C^2(Ag^+)\cdot C(SO_4^{2-}) = 4\cdot C^3(Ag_2SO_4) = 4\cdot(2{,}68\cdot 10^{-2})^3 = 7{,}70\cdot 10^{-5}$.

Ответ: $ПР(Ag_2SO_4) = 7{,}70\cdot 10^{-5}$.

Ввиду того, что абсолютно не растворимых в воде веществ нет, ни один из ионов никогда не может быть осажден из раствора полностью; часть осаждаемых ионов остается в растворе. Поэтому при осаждении того или иного иона надо подбирать такой реактив, который давал бы с осаждаемым ионом осадок с наименьшим произведением растворимости.

Задача 3. Какой ион, $CrO_4^{2-}$ или $SO_4^{2-}$, полнее осаждает ионы $Pb^{2+}$ из раствора? $ПР(PbCrO_4) = 1{,}8\cdot 10^{-14}$, $ПР(PbSO_4) = 1{,}6\cdot 10^{-8}$.

Решение.

$ПР(PbCrO_4) < ПР(PbSO_4)$, следовательно, ион $CrO_4^{2-}$ более полно осаждает ион $Pb^{2+}$. Подтвердим это соответствующими расчетами.

1) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе $PbCrO_4$:

$$PbCrO_4 \leftrightarrow Pb^{2+} + CrO_4^{2-},$$

$$ПР(PbCrO_4) = C(Pb^{2+})\cdot C(CrO_4^{2-}) = C^2(Pb^{2+}),$$

$$C(Pb^{2+}) = \sqrt{ПР(PbCrO_4)} = \sqrt{1{,}8\cdot 10^{-14}} = 1{,}34\cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

2) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе $PbSO_4$:

$$PbSO_4 \leftrightarrow Pb^{2+} + SO_4^{2-},$$

$$ПР(PbSO_4) = C(Pb^{2+})\cdot C(SO_4^{2-}) = C^2(Pb^{2+}),$$

$$C(Pb^{2+}) = \sqrt{ПР(PbSO_4)} = \sqrt{1{,}6\cdot 10^{-8}} = 1{,}26\cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3) Таким образом, концентрация ионов $Pb^{2+}$ в насыщенном растворе $PbCrO_4$ в $1{,}26\cdot 10^{-4}/1{,}34\cdot 10^{-7} = 940$ раз меньше, чем в насыщенном растворе $PbSO_4$.

Ответ: ион $CrO_4^{2-}$ более полно осаждает ион $Pb^{2+}$.

## 5.8. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить растворимость $Ag_2S$ в г/л, если $ПР(Ag_2S) = 1{,}1\cdot 10^{-49}$.
2. Растворимость $BaCO_3$ в воде составляет $8{,}4\cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислить $ПР(BaCO_3)$.
3. Концентрация $Fe^{2+}$ в насыщенном растворе FeS равна $6{,}0\cdot 10^{-10}$ моль/л. Вычислить ПР(FeS).
4. Определить $ПР(Ag_2CrO_4)$, если растворимость данной соли равна

$2{,}6 \cdot 10^{-2}$ г/л.

5. ПР($MgC_2O_4$) = $8{,}1 \cdot 10^{-5}$. Определить концентрацию ионов $Mg^{2+}$ (г/л) в насыщенном растворе соли.

6. Растворимость $Ag_2SO_4$ равна $2{,}7 \cdot 10^{-2}$ М. Найти ПР($Ag_2SO_4$).

7. Определить концентрацию ионов $Ba^{2+}$ (г/л) в насыщенном растворе $Ba(BrO_3)_2$. ПР($Ba(BrO_3)_2$) = $3{,}2 \cdot 10^{-5}$.

8. ПР($SrC_2O_4$) = $6{,}25 \cdot 10^{-8}$. Найти растворимость соли в г/л.

9. Концентрация ионов $F^-$ в насыщенном растворе $CaF_2$ равна $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Найти ПР($CaF_2$).

10. ПР($CaCO_3$) = $4{,}9 \cdot 10^{-9}$. Найти растворимость $CaCO_3$ в г/л.

11. К 20 мл 0,02 н. раствора $BaCl_2$ прибавили 20 мл 0,001 М раствора $Na_2C_2O_4$. Выпадет ли осадок, если ПР($BaC_2O_4$) = $4{,}1 \cdot 10^{-6}$?

12. Выпадет ли осадок, если к 20 мл 0,01 н. раствора $AgNO_3$ прибавить 20 мл 0,01 М раствора NaCl? ПР(AgCl)=$1{,}7 \cdot 10^{-10}$.

13. Выпадет ли осадок при смешивании равных объёмов 0,01 н. растворов $AgNO_3$ и $K_2Cr_2O_7$? ПР($Ag_2Cr_2O_7$) = $2{,}0 \cdot 10^{-7}$.

14. ПР($Tl_2CrO_4$) = $1{,}0 \cdot 10^{-12}$. Образуется ли осадок, если к 0,001 н. раствору $TlNO_3$ прилить равный объём 0,04 н. раствора $K_2CrO_4$?

15. Выпадет ли осадок TlCl, если к 15 мл 0,01 М раствора $TlNO_3$ прибавить 15 мл 0,01 н. раствора KCl? ПР(TlCl) = $1{,}9 \cdot 10^{-4}$.

# Глава 6
# ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

## 6.1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Растворы (расплавы) веществ, проводящие электрический ток, называют **электролитами**. Важно, что законам Вант - Гоффа и Рауля подчиняются только растворы неэлектролитов (водные растворы таких органических соединений как сахар, спирты, глицерин, мочевина). Растворы электролитов в равных молярных концентрациях с растворами неэлектролитов показывают большее осмотическое давление, большее понижение давления пара и температуры замерзания, большее повышение температуры кипения.

Подобное поведение электролитов объяснил шведский физико-химик **Аррениус**. Он **предложил теорию электролитической диссоциации**, согласно которой молекулы растворенных веществ в водных растворах электролитов в большей или меньшей степени диссоциируют (распадаются) на самостоятельные заряженные частицы - ионы. Каждый электролит образует при диссоциации два рода ионов: положительно заряженные - **катионы** и отрицательно заряженные - **анионы**. Заряд иона соответствует его валентности. Во всех случаях диссоциации электролита сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Поэтому раствор в целом электронейтрален. Электролитическая диссоциация - обратимый процесс. Следовательно, в растворе электролита, наряду с ионами, имеются и нераспавшиеся молекулы.

Из изложенного следует, что диссоциация электролита увеличивает общее число частиц в растворе в сравнении с неэлектролитом. Поэтому, если учитывать как самостоятельные частицы не только молекулы, но и ионы, то становится понятным, почему повышение осмотического давления, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора электролита оказываются значительно больше, чем у раствора неэлектролита

с такой же молярной концентрацией.

Согласно современным представлениям, электролитическая диссоциация происходит в результате взаимодействия ионов или полярных молекул вещества с полярными молекулами растворителя (рис. 6.1). При этом образуются сольваты (в водных растворах - гидраты) ионов (рис. 6.2). Соответствующий процесс сопровождается выделением энергии. Образование сольватов (гидратов) является основной причиной диссоциации электролитов на ионы.

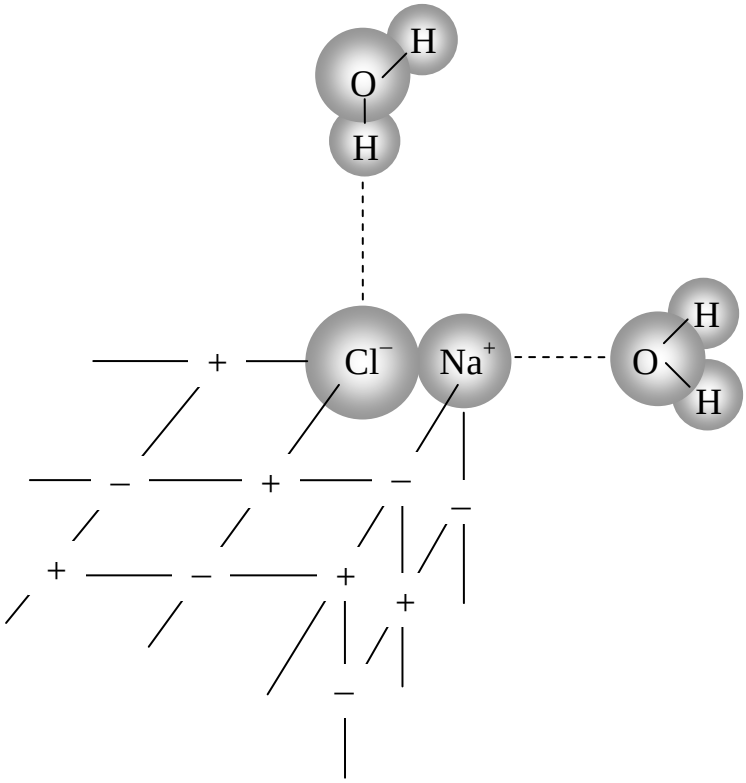



Рис. 6.1. Взаимодействие ионов NaCl с полярными молекулами $H_2O$

Природа превращений растворенного вещества в растворе самым тесным образом зависит от химических свойств этого вещества и растворителя. Растворитель, принимая непосредственное участие в химических превращениях растворенного вещества, оказывает влияние на механизм и глубину превращения последнего. Так, для того, чтобы разорвать связь между

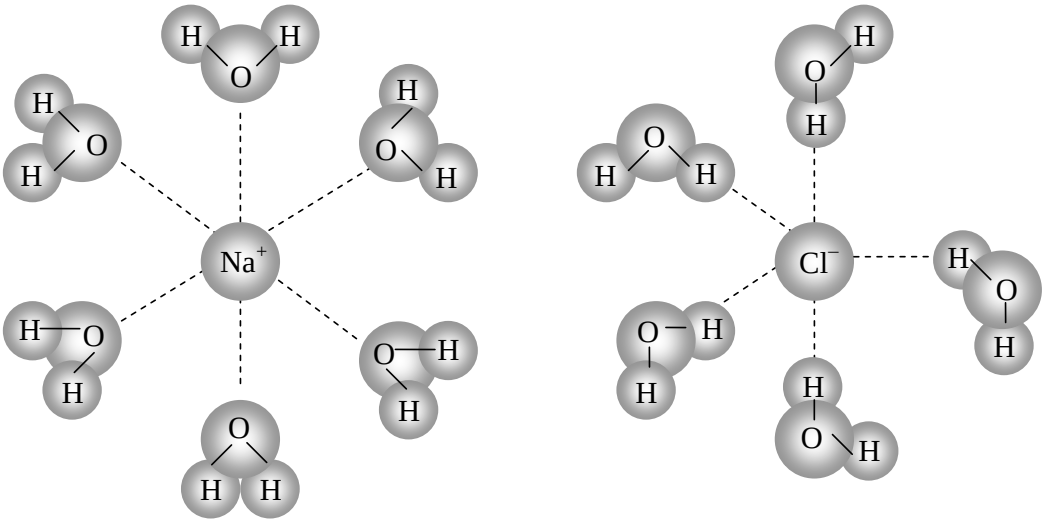



Рис. 6.2. Гидратированные ионы в растворе NaCl

катионами и анионами в 1 моле, например, NaCl, надо затратить 800 кДж. Откуда же берутся эти 800 кДж при растворении NaCl в воде?

Теплота гидратации иона $Na^+$ равна приблизительно 425 кДж/ моль, а иона $Cl^-$ - приблизительно 350 кДж/моль. В сумме это составляет 775 кДж/моль - немногим меньше энергии кристаллической решетки NaCl (800 кДж/моль). Поэтому при растворении хлористого натрия в воде происходит охлаждение на 5 - 6 градусов по сравнению с ее исходной температурой.

Есть вещества, образование водных растворов которых наоборот, сопровождается выделением тепла. Например, растворение хлористого водорода в воде сопровождается довольно сильным разогреванием образующегося раствора. Действительно, энергия связи водорода и хлора в молекуле HCl равна 1360 кДж/моль. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, что в сумме с теплотой гидратации иона $Cl^-$ дает общую теплоту гидратации HC1 1450 кДж/моль, а это заметно больше энергии связи H - Cl. Вот почему при образовании раствора соляной кислоты и происходит заметное разогревание.

Для процесса растворения в воде соединений с ионной связью, в узлах кристаллической решетки которых находятся ионы, в общем виде можно за-

писать:

$$K^+A^- + xH_2O = K^+\cdot(H_2O)_y + A^-\cdot(H_2O)_{(x-y)},$$

где $K^+\cdot(H_2O)_y$ и $A^-\cdot(H_2O)_{(x-y)}$ - гидратированные катионы и анионы.

Распаду на ионы подвергаются также и вещества, состоящие из молекул с полярной ковалентной связью. В этом случае под действием полярных молекул воды происходит гетеролитический разрыв ковалентной связи: электронная пара, осуществляющая связь, целиком остается у одного из атомов. Таким образом полярная связь превращается в ионную, и молекула диссоциирует на гидратированные ионы.

На практике уравнения электролитической диссоциации обычно записывают без гидратирующих молекул воды, например:

$$Ca(OH)_2 = Ca^{2+} + 2OH^-,$$
$$Cr_2(SO_4)_3 = 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-},$$
$$HNO_3 = H^+ + NO_3^-.$$

## 6.2. СТЕПЕНЬ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Согласно теории электролитической диссоциации, в растворах распадается на ионы только часть молекул электролита. Отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул называется **степенью электролитической диссоциации** $\alpha$. Например, если в 1 л раствора содержится 0,05 моль азотистой кислоты и из них 0,001 моль диссоциирует на ионы, то степень диссоциации при этом составит: $\alpha = 0{,}001/0{,}05 = = 0{,}02$ или 2 %.

Степень электролитической диссоциации электролита может быть

определена различными методами: по электропроводности раствора, по понижению температуры замерзания раствора и т. д. При одинаковых условиях (одни и те же растворитель, концентрация раствора, температура, присутствие или отсутствие электролита с одноименным ионом) разные электролиты имеют различную степень диссоциации, зависящую от природы самого электролита.

По способности к диссоциации все электролиты делят на слабые и сильные. **Слабые электролиты** в растворах содержатся как в виде ионов, так и в виде недиссоциированных молекул. **Сильные электролиты** в растворе диссоциируют практически полностью. Принимают, что для слабых электролитов $\alpha < 2$ %, для сильных электролитов $\alpha > 30$ %.

С разбавлением раствора степень электролитической диссоциации слабого электролита увеличивается и, наоборот, при повышении концентрации - уменьшается. Степень диссоциации электролита зависит от температуры: с повышением температуры она увеличивается для электролитов, диссоциация которых сопровождается поглощением теплоты, и уменьшается для электролитов, процесс диссоциации которых сопровождается выделением теплоты.

На степень диссоциации электролита существенное влияние оказывает прибавление к его раствору сильного электролита с одноименным ионом. Например, к водному раствору плавиковой кислоты, в незначительной степени диссоциирующей по уравнению $HF \leftrightarrow H^+ + F^-$, прильем соляную кислоту HCl. Концентрация ионов водорода, являющихся одним из продуктов диссоциации HCl, сильно увеличится. Вследствие этого равновесие обратимого процесса диссоциации плавиковой кислоты сместится в сторону образования недиссоциированных молекул HF, степень ее диссоциации при этом понизится. Подобным же образом будут действовать и растворимые в воде соли плавиковой кислоты. При добавлении последних в растворе значительно возрастает концентрация анионов $F^-$, что также уменьшает степень диссоци-

ации HF.

Таким образом, **степень электролитической диссоциации слабого электролита значительно понижается при добавлении к его раствору сильного электролита с одноименным ионом.**

Диссоциация молекул слабых электролитов на ионы в растворах протекает как обратимый процесс. Например, диссоциация уксусной кислоты выражается уравнением: $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$.

Как и во всяком обратимом процессе, в данном случае устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами кислоты $CH_3COOH$ и ионами $H^+$, $CH_3COO^-$. Выразим в общем виде константу данного химического равновесия, обозначив ее $К_д$:

$$К_д = \frac{C(H^+) \cdot C(CH_3COO^-)}{C(CH_3COOH)} \ . \qquad (6.1)$$

$К_д$ в выражении (6.1) называется константой электролитической диссоциации.

Величина константы характеризует силу кислот и оснований. Чем она больше, тем сильнее электролит. Например, азотистая кислота ($К_д = 4{,}5 \cdot 10^{-4}$) сильнее уксусной ($К_д = 1{,}82 \cdot 10^{-5}$).

### 6.2.1. Закон разбавления Оствальда

Основываясь на законе действия масс, можно вывести уравнение, связывающее константу диссоциации слабого электролита со степенью его диссоциации.

Так, если молярная концентрация уксусной кислоты равна С, а степень диссоциации составляет величину $\alpha$, то концентрация каждого из ионов, об-

разующихся при диссоциации, будет равна αC, а концентрация недиссоциированных молекул $CH_3COOH$ – (1 - α)C. Тогда выражение для константы диссоциации можно записать в следующем виде:

$$K_д = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1-\alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \ . \qquad (6.2)$$

Уравнение (6.2) выражает **закон разбавления Оствальда**, справедливый для растворов слабых бинарных электролитов, из одной молекулы которых при диссоциации образуется два иона. Это уравнение связывает между собой константу диссоциации электролита, степень диссоциации и концентрацию электролита. В несильно разбавленных растворах слабых электролитов степень диссоциации очень мала, поэтому величину (1 - α) можно принять равной единице. В этом случае предыдущая формула принимает более простой вид:

$$K_д = C\alpha^2, \text{ откуда } \alpha = \sqrt{\frac{K_д}{C}} . \qquad (6.3)$$

В соответствии с полученным выражением (6.3) закон разбавления Оствальда формулируется так: **степень электролитической диссоциации слабых бинарных электролитов обратно пропорциональна корню квадратному из их концентрации**. Закон разбавления позволяет вычислять степень диссоциации при различных концентрациях, если известна константа диссоциации электролита. Наоборот, определив степень диссоциации при какой - нибудь концентрации, несложно рассчитать константу диссоциации.

Константа диссоциации слабого электролита - величина постоянная и практически не зависит от концентрации раствора, а зависит только от температуры. Степень же диссоциации зависит от концентрации. С разбавлением раствора слабого электролита степень диссоциации увеличивается. Константа

электролитической диссоциации дает более общую характеристику электролита, чем степень диссоциации. Сильные электролиты не подчиняются этому закону. Для них $К_д$ с увеличением концентрации непрерывно возрастает.

## 6.3. АКТИВНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ

Даже в умеренно концентрированном растворе сильного электролита ионы находятся на таких достаточно близких расстояниях, что электростатическое взаимодействие оказывает заметное влияние на характер их движения. Одноименно заряженные ионы взаимно отталкиваются, а разноименно заряженные - взаимно притягиваются. В результате в растворе вокруг ионов создается определенное распределение ионов – «атмосфера» из частиц с противоположным зарядом. Эта атмосфера замедляет движение ионов в растворе, что ведет к уменьшению электропроводности раствора и создает впечатление неполной диссоциации электролита. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее электростатическое взаимодействие ионов, тем меньше скорость передвижения их в электрическом поле и тем меньше будет электропроводность раствора.

Аналогичным образом межионные силы влияют и на другие свойства раствора электролита, зависящие от концентрации ионов. Повышение концентрации раствора приводит к изменению свойств раствора в том же направлении, как действовало бы частичное соединение ионов в молекулы, т. е. уменьшает степень диссоциации. Поэтому, измеряя электропроводность, определяют лишь кажущуюся степень диссоциации. Так, например, степень диссоциации в 0,1 н. растворе HC1, вычисленная по электропроводности, составляет 84 % от действительной, которая наблюдалась бы в этом растворе при отсутствии взаимодействия ионов друг с другом.

Для учета влияния электростатического взаимодействия ионов на химические и физические свойства растворов сильных электролитов, истинную

концентрацию ионов С заменяют активностью **а** – условной эффективной концентрацией. **Активность выражает концентрацию ионов в растворе данного электролита с учетом влияния взаимодействия ионов, гидратации и других эффектов.** Между активностью и действительной концентрацией ионов существует зависимость:

$$a = f \cdot C,$$

где f – коэффициент активности, учитывающий взаимодействие ионов в растворе электролита.

Коэффициент активности обычно меньше единицы. В очень разбавленных растворах сильных электролитов ($C < 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) коэффициент активности принимают равным единице. В этом случае $a = C$.

Коэффициент активности данного иона в растворе, содержащем несколько различных видов ионов, зависит от концентраций и зарядов всех ионов. Мерой межионного взаимодействия между всеми ионами является **ионная сила раствора**. Ионной силой раствора называется величина $\mu$, численно равная полусумме произведений концентрации каждого иона на квадрат его заряда:

$$\mu = ½(z_1^2C_1 + z_2^2C_2 + z_3^2C_3 + \ldots),$$

где z - заряд иона.

Например, для раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль $CaCl_2$ и 0,1 моль $Na_2SO_4$, ионная сила равна: $\mu = 1/2(0{,}01 \cdot 2^2 + 0{,}02 \cdot 1^2 + 0{,}2 \cdot 1^2 + 0{,}1 \cdot 2^2) = 0{,}33$.

По величине ионной силы раствора можно рассчитать коэффициент активности иона: $\lg f = -0{,}5z^2\sqrt{\mu}$. Коэффициент активности с увеличением ионной силы раствора уменьшается. В растворах с одинаковой ионной силой коэффициенты активности ионов равны между собой.

## 6.4. СОЛЕВОЙ ЭФФЕКТ

Выше отмечено, если в растворе электролита коэффициент активности $f < 1$, то на движение ионов оказывает влияние их электростатическое взаимодействие. В этом случае во все уравнения на основе закона действующих масс, включая выражение произведения растворимости, вместо концентрации надо подставлять меньшую по величине активность.

Произведем соответствующую замену на примере минерала кальцита, состав которого соответствует химической формуле малорастворимого карбоната кальция $CaCO_3$:

$$CaCO_3\downarrow \leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-}.$$

$$ПР(CaCO_3) = a(Ca^{2+})\cdot a(CO_3^{2-}) = f(Ca^{2+})\cdot C(Ca^{2+})\cdot f(CO_3^{2-})\cdot C(CO_3^{2-}).$$

Преобразуем полученное выражение произведения растворимости кальцита:

$$C(Ca^{2+})\cdot C(CO_3^{2-}) = \frac{ПР(CaCO_3)}{f(Ca^{2+})\cdot f(CO_3^{2-})}. \qquad (6.4)$$

Числитель дроби в правой части выражения (6.4) является постоянной величиной, зависящей только от температуры. Знаменатель же этого отношения уменьшается с ростом ионной силы раствора. В свою очередь, ионная сила раствора растет при добавлении любого сильного электролита. С уменьшением знаменателя будет расти правая часть анализируемого выражения, и, соответственно, вырастет произведение молярных концентраций ионов, образующихся при дисссоциации кальцита в насыщенном растворе. Последнее означает рост растворимости труднорастворимого вещества при введении в его раствор каких - либо сильных электролитов. Явление носит название «**солевой эффект**».

Одним из наиболее важных природных равновесий с участием кальцита является образование твердого $CaCO_3$ в морской воде. Равновесие между твердым $CaCO_3$ и ионами $Ca^{2+}$ и $CO_3^{2-}$ , находящимися в океанической воде, имеет важное значение для развития многих морских организмов и формирования отложений на морском дне. Произведение растворимости $CaCO_3$ в морской воде при 20 °С имеет величину $6{,}0 \cdot 10^{-7}$, тогда как в пресной воде при этой температуре оно составляет $2{,}8 \cdot 10^{-9}$. Равновесие растворения $CaCO_3$ в морской воде смещено в сторону большей растворимости из-за влияния других ионов (солевой эффект), присутствующих в воде. Более чем 100-кратное увеличение растворимости $CaCO_3$ в морской воде обусловлено межионным взаимодействием в водной среде с высокой концентрацией ионов.

На глубинах, не превышающих 1 км, океан пересыщен карбонатом кальция $CaCO_3$. Это означает, что ионное произведение $C(Ca^{2+}) \cdot C(CO_3^{2-})$ больше произведения растворимости $CaCO_3$. Однако скорость удаления

$CaCO_3$ в результате осаждения или образования раковин моллюсков и скелетных тканей морских организмов очень невелика. На больших глубинах, где концентрация $Ca^{2+}$ снижается, океаническая вода оказывается ненасыщенной в отношении $CaCO_3$. После гибели морских организмов их карбонатные скелеты, образовавшиеся вблизи поверхности, опускаются на большую глубину и растворяются там. На глубинах, превышающих 3 - 4 км, в отложениях морского дна содержится очень мало $CaCO_3$.

## 6.5. ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

В земной коре распространены минералы, содержащие кальций и магний. Поэтому соответствующие ионы $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$ практически всегда присутствуют в природной воде.

Отметим, что минералы отмеченных металлов, как правило, малорастворимы. Однако вода содержит диоксид углерода, поглощенный из атмо-

сферного воздуха. Это служит причиной образования хорошо растворимых кислых солей (преимущественно гидрокарбонатов) кальция и магния: $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$.

**Природная вода, содержащая растворенные соли, называется жесткой водой, в противоположность мягкой воде, не содержащей этих солей или содержащей их мало.**

Количественной мерой содержания в воде солей является жесткость воды (Ж). Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

**Карбонатная жесткость** $Ж_к$ обусловлена содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

**Некарбонатная жесткость** $Ж_н$ связана с содержанием в воде хлоридов, сульфатов и других (кроме гидрокарбонатов) солей кальция и магния.

**Общая жесткость** $Ж_{общ.}$ определяется общим содержанием солей:

$$Ж_{общ.} = Ж_к + Ж_н.$$

При длительном кипячении воды выделяется диоксид углерода и выпадает осадок, включающий ионы $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$, вследствие чего жесткость уменьшается:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O,$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O,$$
$$2Mg(HCO_3)_2 = (MgOH)_2CO_3\downarrow + 3CO_2\uparrow + H_2O.$$

Карбонатную жесткость полностью устранить кипячением нельзя, т. к. растворимость $CaCO_3$ составляет 0,01 г/л, а $(MgOH)_2CO_3$ - 0,04 г/л. Поэтому дополнительно употребляют термин **«устранимая или временная жесткость»**. Временная жесткость определяется количеством гидрокарбонатов, удаляемых из воды при кипячении в течение 1 ч. Оставшаяся после кипячения

воды жесткость называется постоянной жесткостью.

Жесткость воды выражают суммарным количеством эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды (размерность миллимоль эквивалентов/литр [ммоль экв./л]). Например, один миллимоль эквивалентов жесткости отвечает содержанию в 1 л воды 20,04 мг ионов $Ca^{2+}$:

$$m(Ca^{2+}) = M(Э(Ca^{2+}))\cdot n(Ca^{2+})\cdot 10^{-3} = M(Ca^{2+})\cdot f_э(Ca^{2+})\cdot n(Ca^{2+})\cdot 10^{-3} =$$
$$= 40{,}08\cdot 1/2\cdot 1\cdot 10^{-3} = 20{,}04 \text{ мг}$$

или 12,16 мг ионов $Mg^{2+}$ :

$$m(Mg^{2+}) = M(Э(Mg^{2+}))\cdot n(Mg^{2+})\cdot 10^{-3} = M(Mg^{2+})\cdot f_э(Mg^{2+})\cdot n(Mg^{2+})\cdot 10^{-3} =$$
$$= 24{,}31\cdot 1/2\cdot 1\cdot 10^{-3} = 12{,}16 \text{ мг.}$$

Вода с жесткостью менее 4 ммоль экв./л характеризуется как мягкая, от 4 ммоль экв./л до 8 ммоль экв./л - средней жесткости, от 8 ммоль экв./л до 12 ммоль экв./л - жесткая и выше 12 ммоль экв./л - очень жесткая.

## 6.6. УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ

Часто воду приходится подвергать дополнительной обработке, чтобы снизить в ней концентрацию ионов $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$, вызывающих жесткость воды. Обычно это необходимо для воды из подземных источников, где она достаточно долго соприкасается с известняком $CaCO_3$, доломитом $CaCO_3\cdot MgCO_3$ и другими минералами.

При нагревании воды, содержащей $Ca^{2+}$ и $HCO_3^-$ - ионы, из нее выделяется часть диоксида углерода. В результате этого происходит образование нерастворимого карбоната кальция и в водонагревательных устройствах накапливаются его отложения (накипь). Твердый $CaCO_3$ покрывает поверх-

ность водонагревательных систем, что снижает их теплопроводность. Особенно много накипи откладывается на стенках бойлеров, где вода нагревается под давлением в трубках, обвивающих печь. Образование накипи снижает эффективность теплопередачи и может привести к плавлению трубок.

Также ионы $Ca^{2+}$ реагируют с мылами, образуя нерастворимые вещества. Хотя при их взаимодействии с синтетическими моющими средствами не образуется нерастворимых осадков, указанные ионы неблагоприятно влияют на эффективность действия синтетических моющих средств.

Для умягчения воды применяют методы осаждения и ионного обмена. Путем осаждения катионы $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$ переводят в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Это достигается либо кипячением воды, либо химическим путем - введением в воду соответствующих реагентов. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в нерастворимые карбонаты, в результате чего устраняется только карбонатная жесткость.

При химическом методе осаждения чаще всего в качестве осадителя пользуются известью или содой. При этом в осадок переводятся все соли кальция и магния.

Для устранения жесткости используют специальные ионнообменные материалы - неорганические и органические вещества, способные к обмену ионов и называемые ионитами. Эти вещества делят на катиониты и аниониты, предназначенные для обмена катионов и анионов. Иониты не растворимы в воде. Их пространственная структура представляет собой трехмерный каркас, содержащий потенциалопределяющие ионы. С ними электростатическими силами связаны противоионы, способные к обмену на другие ионы.

Для обработки воду пропускают через слой катионита. При этом катионы кальция и магния, находящиеся в воде, обмениваются на катионы натрия, содержащиеся в применяемом катионите. В некоторых случаях требуется удалить из воды не только катионы $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, но и другие катионы и анионы. В таких случаях воду пропускают последовательно через катионит, содержащий в обменной форме водородные ионы, и анионит, содержащий гид-

роксид - ионы. В итоге вода освобождается как от катионов, так и от анионов солей. Такая обработка воды называется обессоливанием.

### 6.6.1. Задачи для самостоятельного решения

1. Чему равна жесткость 1 % - ного раствора сульфата магния? ($\rho$ = 1 г/см$^3$). Ответ: 166,2 ммоль экв./л.

2. При упаривании одного литра воды из подземного источника было получено 13,6 мг гипса ($CaSO_4$). Чему равна жесткость этой воды? Ответ: 0,2 ммоль экв./л.

3. Чему равна жесткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния? Ответ: 0,46 ммоль экв./л.

4. Сколько граммов $MgCl_2$ содержится в 5 л раствора, имеющего жесткость 7,14 ммоль экв./л. Какова эквивалентная концентрация (нормальность) этого раствора? Ответ: 1,7 г ; 0,00714 н.

5. Чему равна жесткость природной воды, содержащей $Ca^{2+}$ - 41,65 мг/л; $Mg^{2+}$- 23,60 мг/л; $Na^+$ - 2,2 мг/л? Ответ: 4,02 ммоль экв./л.

6. Чему равна жесткость 0,1 н. раствора хлористого кальция? Ответ: 100 ммоль экв./л.

7. Какова постоянная и карбонатная жесткость воды, если в ней содержится: $Ca^{2+}$ - 0,112 г/л; $Mg^{2+}$ - 0,0632 г/л; $SO_4^{2-}$ - 0,236 г/л; $Cl^-$ - 0,1653 г/л и ионы $HCO_3^-$ ? Ответ: 9,57 ммольэкв/л; 1,23 ммоль экв./л.

8. Какова общая и карбонатная жесткость воды, если при анализе одного литра данной воды установлено следующее содержание ионов: $Ca^{2+}$ - 0,1111 г; $Mg^{2+}$ - 0,0605 г; $SO_4^{2-}$ - 0,0985 г; $Cl^-$ - 0,1418 г? Ответ: 10,52 ммоль экв./л; 4,48 ммоль экв./л.

# Глава 7
# РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Протекающие в растворах электролитов реакции ионного обмена подчиняются общему правилу, сформулированному ниже:

**реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении образования наименее диссоциирующих соединений, труднорастворимых и газообразных веществ**, т. е. в направлении образования:

- слабых кислот,
- слабых оснований,
- воды,
- осадков,
- газообразных (летучих) веществ.

***Молекулы этих веществ в реакциях ионного обмена на ионы не расписывают***

Рассмотрим соответствующие реакции более подробно с учетом классификации электролитов (таблица 7.1).

## 7.1. РЕАКЦИЯ СОЛИ С СОЛЬЮ

Реакция соли с солью протекает, когда исходные соли растворимы, а одна из вновь образующихся выпадает в осадок. Реакция возможна и в том случае, если одна из исходных солей является труднорастворимой, но при этом вновь образующаяся соль характеризуется еще меньшей растворимостью.

Методика составления уравнений реакций ионного обмена может быть следующей. Например, рассмотрим взаимодействие растворов двух солей – хлорида натрия и бромида калия. Учитывая, что на первом месте в формулах

*Таблица 7.1*

**Классификация электролитов**

| Электролиты | | | |
|---|---|---|---|
| сильные | | слабые | |
| Кислоты | Основания | Кислоты | Основания |
| $H_2SO_4$, $HNO_3$, HCl, HBr, HI, $HClO_3$, $HMnO_4$ | LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ | $H_2SO_3$, $HNO_2$, HF, HCN, $H_2CO_3$, $H_3AsO_3$, $CH_3COOH$ | Все трудно-растворимые и $NH_4OH$ |
| Все соли | | $H_2O$ | |

химических соединений записываются положительно заряженные частицы, после соответствующего ионного обмена могут быть получены формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

$$NaCl + KI = NaI + KCl.$$

Для того чтобы определить, будет ли в действительности протекать это взаимодействие, по таблице растворимости необходимо проверить, есть ли в правой части уравнения реакции труднорастворимые вещества. Другими словами, необходимо уточнить, выполняется ли основное правило, определяющее возможность протекания реакций ионного обмена. В случае данной реакции обе соли NaI и KCl растворимы. Следовательно, реакция между растворами солей NaCl и KI не протекает, т. к. не ведет к образованию новых веществ: $NaCl + KI \neq$.

Возьмем для проведения реакции растворы двух других растворимых солей и запишем химические формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

$$2Na_3PO_4 + 3CaCl_2 = Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaCl.$$

Образующийся фосфат кальция является труднорастворимым соединением, следовательно, данная реакция протекает. После расстановки коэффициентов в молекулярном уравнении реакции, запишем это взаимодействие в виде полного и краткого ионных уравнений:

$$6Na^+ + 2PO4^{3-} + 3Ca^{2+} + 6Cl^- = Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6Na^+ + 6Cl^-,$$

$$3Ca^{2+} + 2PO4^{3-} = Ca_3(PO_4)_2\downarrow .$$

Краткое ионное уравнение выражает суть реакции образования фосфата кальция. Следует обратить внимание, что химическая формула последнего записана в молекулярном виде. Если вещество труднорастворимо, оно находится в твердой фазе и не переходит в раствор. Соответственно полагают, что ионы труднорастворимого вещества в растворе отсутствуют.

Рассмотрим процесс взаимодействия раствора медного купороса с труднорастворимым ZnS (минерал сфалерит). Соответствующая реакция будет протекать, так как продуктом взаимодействия является еще менее растворимый в воде CuS (минерал ковеллин):

$$ZnS\downarrow + CuSO_4 = CuS\downarrow + ZnSO_4,$$

$$ZnS\downarrow + Cu^{2+} + SO_4^{2-} = CuS\downarrow + Zn^{2+} + SO_4^{2-},$$

$$ZnS\downarrow + Cu^{2+} = CuS\downarrow + Zn^{2+}.$$

## 7.2. РЕАКЦИЯ СОЛИ С КИСЛОТОЙ

Реакция соли с кислотой возможна, если сильная кислота вытесняет более слабую, если образуется новая нерастворимая соль.

Так, серная кислота в водном растворе является более сильным электролитом, чем большинство других кислот и поэтому вытесняет их из солей:

$$Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4\downarrow + 2H_3PO_4,$$
$$Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6H^+ + 3SO_4^{2-} = 3CaSO_4\downarrow + 2H_3PO_4.$$

Рассмотрим реакцию раствора серной кислоты с кальцитом $CaCO_3$. Серная кислота сильнее угольной, поэтому в результате данного взаимодействия из исходной соли вытесняется слабая угольная кислота. Также в данной реакции выполняется и второе условие сформулированного выше правила – образуется сульфат кальция $CaSO_4$, малорастворимое соединение. Угольная кислота $H_2CO_3$ является не вполне стойкой и распадается на воду и углекислый газ:

$$CaCO_3\downarrow + H_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow,$$
$$CaCO_3\downarrow + 2H^+ + SO_4^{2-} = CaSO_4\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow.$$

## 7.3. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ОСНОВНЫХ И КИСЛЫХ СОЛЕЙ

При взаимодействии кислоты и основания образуются соль и вода. Причем тип образующейся соли зависит от количественного соотношения исходных реагентов:

$$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O,$$

$$2H^+ + SO_4^{2-} + 2K^+ + 2OH^- = 2K^+ + SO_4^{2-} + 2H_2O,$$
$$H^+ + OH^- = H_2O.$$

В данной реакции при полной взаимной нейтрализации кислоты и основания образуется средняя соль $K_2SO_4$ .

При недостаточном количестве основания и, соответственно, неполной нейтрализации кислоты, образуется кислая соль, содержащая ион водорода в кислотном остатке:

$$H_2CO_3 + KOH = KHCO_3 + H_2O,$$
$$H_2CO_3 + K^+ + OH^- = K^+ + HCO_3^- + H_2O,$$
$$H_2CO_3 + OH^- = HCO_3^- + H_2O.$$

При добавлении к кислой соли какого - либо основания происходит ее нейтрализация и образуется средняя соль:

$$KHCO_3 + KOH = K_2CO_3 + H_2O,$$
$$K^+ + HCO_3^- + K^+ + OH^- = 2K^+ + CO_3^{2-} + H_2O,$$
$$HCO_3^- + OH^- = CO_3^{2-} + H_2O.$$

Кислые соли обычно не представлены в справочной таблице растворимости, поэтому при составлении ионных уравнений необходимо помнить, что эти соли, как правило, растворимы.

В таблице растворимости отсутствуют и нерастворимые основные соли. Они содержат в основном остатке одну или более гидроксильных групп и, соответственно, образуются при неполной нейтрализации основания кислотой:

$$Fe(OH)_3 + 2HCl = FeOHCl_2\downarrow + 2H_2O,$$
$$Fe(OH)_3 + 2H^+ + 2Cl^- = FeOHCl_2\downarrow + 2H_2O,$$

$$Fe(OH)_3 + HCl = Fe(OH)_2Cl\downarrow + H_2O,$$
$$Fe(OH)_3 + H^+ + Cl^- = Fe(OH)_2Cl\downarrow + H_2O.$$

При добавлении кислоты к основной соли происходит образование средней соли:

$$FeOHCl_2\downarrow + HCl = FeCl_3 + H_2O,$$
$$FeOHCl_2\downarrow + H^+ + Cl^- = Fe^{3+} + 3Cl^- + H_2O,$$
$$FeOHCl_2\downarrow + H^+ = Fe^{3+} + 2Cl^- + H_2O.$$

## 7.4. РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ СЛАБЫХ КИСЛОТ И СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ

Примерами реакций образования малодиссоциирующих соединений служат реакции образования слабых кислот и слабых оснований:

$$CH_3COONa + HCl = CH_3COOH + NaCl,$$
$$CH_3COO^- + Na^+ + H^+ + Cl^- = CH_3COOH + Na^+ + Cl^-,$$
$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH;$$

$$NH_4Cl + NaOH = NH_4OH + NaCl,$$
$$NH_4^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = NH_4OH + Na^+ + Cl^-,$$
$$NH_4^+ + OH^- = NH_4OH.$$

В отмеченных реакциях взаимодействие протекает в направлении образования слабого электролита - либо слабой кислоты, либо слабого основания.

## 7.5. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ АМФОТЕРНЫХ ГИДРОКСИДОВ

Ряд гидроксидов в реакциях ионного обмена проявляет как основные, так и кислотные свойства. Характер проявляемых свойств зависит от второго реагента, с которым такой гидроксид вступает в реакцию. Подобные гидроксиды называют амфотерными. К амфотерным гидроксидам относят: $Zn(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Sb(OH)_3$ и некоторые другие.

Рассмотрим примеры реакций с участием амфотерных гидроксидов.

В реакции с кислотой амфотерный гидроксид проявляет свойства слабого основания:

$$Sn(OH)_2 + 2HNO_3 = Sn(NO_3)_2 + 2H_2O,$$
$$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2NO_3^- = Sn^{2+} + 2NO_3^- + 2H_2O,$$
$$Sn(OH)_2 + 2H^+ = Sn^{2+} + 2H_2O.$$

При взаимодействии с основанием амфотерный гидроксид проявляет свойства слабой кислоты. Для удобства составления уравнения соответствующей реакции нейтрализации можно представить формулу амфотерного гидроксида в виде кислоты. Например: $Zn(OH)_2 = H_2ZnO_2$, $Al(OH)_3 = H_3AlO_3$. Следует помнить, что соли, образованные этими кислотами и сильными основаниями, как правило, растворимы:

$$Zn(OH)_2 + 2KOH = K_2[Zn(OH)_4] \quad \text{(реакция в растворе)},$$
$$Zn(OH)_2 + 2K^+ + 2OH^- = 2K^+ + [Zn(OH)_4]^{2-},$$
$$Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-};$$

$$Zn(OH)_2 + 2KOH = K_2ZnO_2 + 2H_2O \text{ (реакция при спекании)},$$
$$H_2ZnO_2 + 2K^+ + 2OH^- = 2K^+ + ZnO_2^{2-} + 2H_2O,$$
$$H_2ZnO_2 + 2OH^- = ZnO_2^{2-} + 2H_2O.$$

## 7.6. ТЕОРИЯ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ БРЕНСТЕДА - ЛАУРИ

В 1923 г. Бренстед и Лаури независимо друг от друга предложили рассматривать кислоты как вещества, способные отдавать протон, а основания как вещества, способные его присоединять. Следовательно, поведение кислот и оснований можно описывать с учетом способности этих веществ к переносу протонов. Например, при растворении в воде HCl действует как кислота, отдавая протон растворителю. В то же время растворитель ($H_2O$) действует как основание, присоединяя протон:

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+.$$

Термин «основание» применяют к веществам, образующим в водном растворе избыток ионов $OH^-$. Отметим, что ион $OH^-$ представляет собой акцептор протонов; он легко реагирует с гидратированным протоном, образуя воду: $H_3O^+ + OH^- \leftrightarrow 2H_2O$.

Аналогично водные растворы аммиака обладают основными свойствами, потому что $NH_3$ реагирует с $H_2O$, образуя $NH_4^+$ и $OH^-$:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-. \qquad (7.1)$$

В этой реакции $H_2O$ отдает протон молекуле аммиака; следовательно, $H_2O$ играет роль кислоты, а $NH_3$ - основания.

Реакции, приведенные выше в качестве примера реакций с переносом протона, являются обратимыми. Так, при смешении $NH_4C1$ и NaOH образуются $H_2O$ и $NH_3$:

$$NH_4Cl + NaOH \leftrightarrow NH_4OH + NaCl, \qquad (7.2)$$

$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_3 + H_2O.$$

Ионное уравнение (7.2) представляет собой процесс, обратный реакции между $NH_3$ и $H_2O$ (7.1). В реакции (7.2) ион $NH_4^+$ играет роль донора протона, а ион $OH^-$ - роль акцептора протона. Таким образом, если реакция протекает в одном направлении, $H_2O$ играет роль кислоты, а $NH_3$ - роль основания. В обратной же реакции $NH_4^+$ играет роль кислоты, а $OH^-$ - роль основания.

Рассмотренный пример показывает, что каждая кислота связана с сопряженным основанием, которое образуется из этой кислоты в результате отщепления от нее протона. Например, сопряженным основанием для $NH_4^+$ является $NH_3$, а сопряженным основанием для $H_2O$ является $OH^-$. Точно так же каждое основание имеет сопряженную кислоту, которая образуется из этого основания в результате присоединения к нему протона. Например, $H_2O$ является сопряженной кислотой основания $OH^-$. **Кислота и основание, которые, подобно $H_2O$ и $OH^-$, отличаются только наличием или отсутствием протона, называются сопряженной кислотно - основной парой.**

Чем легче какая - либо кислота отдает протон, тем труднее сопряженное ей основание присоединяет к себе протон. Другими словами, чем сильнее кислота, тем слабее сопряженное ей основание, а чем слабее кислота, тем сильнее сопряженное ей основание. Например, HCl является хорошим донором протона, потому что сопряженное этой кислоте основание $Cl^-$ притягивает протоны слабее, чем вода. Вследствие этого протон переносится к $H_2O$ с образованием $H_3O^+$.

На рис. 7.1 приведен ряд распространенных кислот и сопряженных им оснований. Ион $H_3O^+$ является самым сильным донором протона, который может существовать в равновесии с водным раствором. Поэтому кислоты, расположенные на рис. 7.1 выше $H_3O^+$, полностью отдают протоны воде с образованием $H_3O^+$. Точно так же, $OH^-$ представляет собой самое сильное основание, которое может находиться в равновесии с водным раствором. Всякий более сильный акцептор протона должен полностью реагировать с водой, отнимая у нее протоны и переводя ее молекулы в ионы $OH^-$.

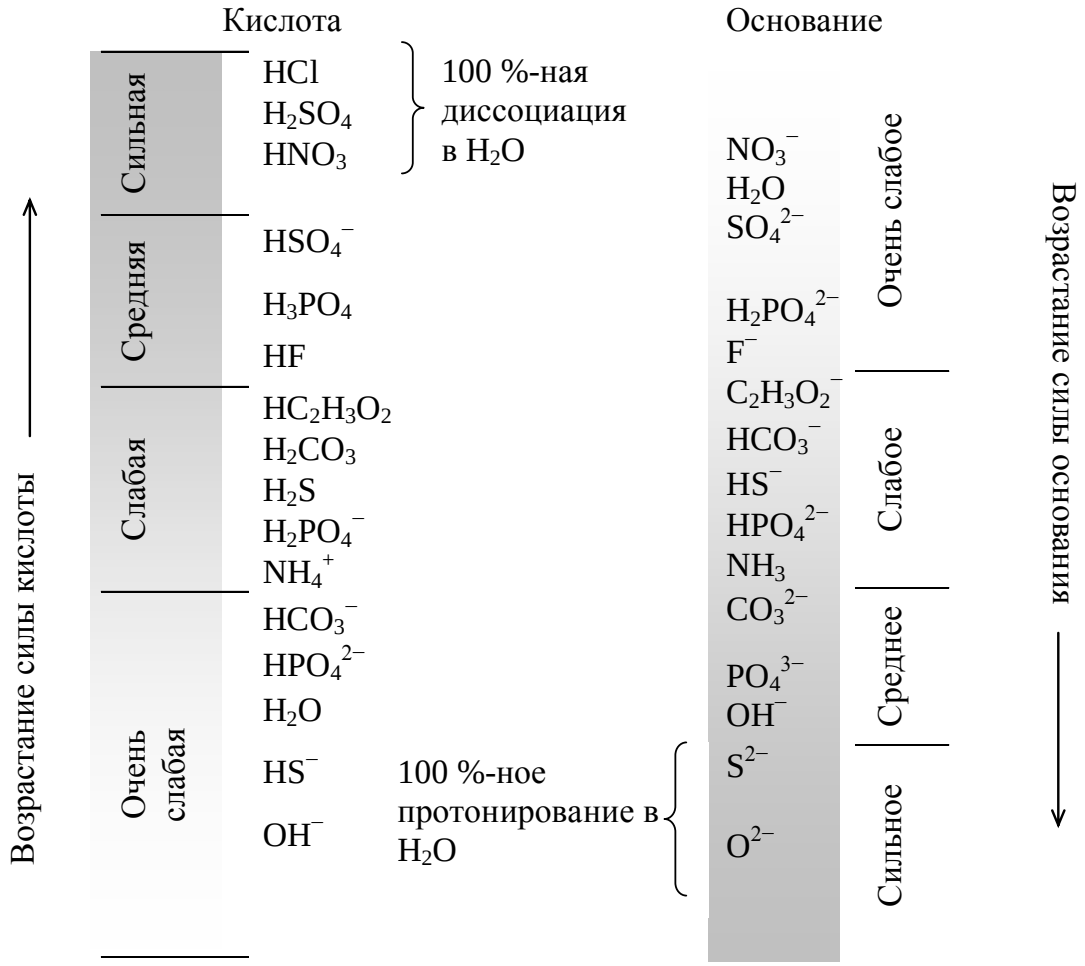



Рис. 7.1. Относительная сила сопряженных пар кислота – основание. Сильным кислотам соответствуют слабые сопряженные основания, а слабым кислотам – сильные сопряженные основания

## 7.7. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH

Вода - наиболее распространенный растворитель различных веществ. Поэтому физико-химические свойства воды имеют большое значение во многих областях экспериментальной и прикладной химии. Так, например, от содержания ионов $H^+$ в воде сильно зависят растворимость различных ми-

нералов, разложение химических загрязнителей в сточных водах, скорость коррозии металлических материалов, а также пригодность воды для использования в технологических процессах. Обычно вода, не содержащая растворенных веществ, рассматривается как очень слабый электролит. Тем не менее, ее молекулы, хотя и в очень малой степени, диссоциируют, проявляя способность к самоионизации: $2H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$.

В этом процессе одна молекула воды действует как донор протона, т. е. как соединение, отдающее протон, а другая – как акцептор, т. е. как соединение, присоединяющее протон. Обычно вместо ионов гидроксония $H_3O^+$ говорят об ионах водорода, и состояние динамического равновесия электролитической диссоциации воды упрощенно выражают уравнением:

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-.$$

Применив закон действия масс к диссоциации воды, можно записать общий вид соответствующей константы диссоциации:

$$K = \frac{C(H^+) \cdot C(OH^-)}{C(H_2O)}.$$

Концентрация ионов $H^+$ ($H_3O^+$) и $OH^-$ в воде крайне ничтожна. Установлено, что при комнатной температуре на ионы распадается только $1 \cdot 10^{-7}$ моль $H_2O$. Так как из одной молекулы воды получается один ион $H^+$ и один ион $OH^-$, то концентрация водородных, а следовательно, и гидроксильных ионов в чистой воде равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Число молей в 1 л воды 1000 : 18 = 55,5, где 1000 г – масса 1 л $H_2O$; 18 г/моль – молярная масса $H_2O$. Тогда концентрация недиссоциированных молекул воды составит $(55,5 - 1 \cdot 10^{-7})$ моль/л. $1 \cdot 10^{-7}$ весьма малая величина по сравнению с 55,5. Поэтому концентрация недиссоциированных молекул воды может быть принята равной

55,5 моль/л. Тогда:

$$C(H^+)\cdot C(OH^-) = K\cdot C(H_2O) = K_{H_2O}\ .$$

Константа $K_{H_2O}$ называется ионным произведением воды. Для фиксированной температуры она строго постоянна и при 22 °С $K_{H_2O} = 1\cdot10^{-7}\cdot1\cdot10^{-7} = 1\cdot10^{-14}$.

Поскольку величина $K_{H_2O}$ постоянна, то $C(H^+)$ и $C(OH^-)$ в водных растворах обратно пропорциональны друг другу. Любое повышение концентрации одного из этих ионов вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого, и наоборот.

Хотя концентрации ионов водорода или гидроксильных групп могут быть очень малыми, в водных растворах они не бывают равными нулю, так как произведение их всегда постоянно и не равно нулю. Следовательно, в водных растворах кислот присутствуют не только ионы $H^+$, но и ионы $OH^-$, а в щелочной среде вместе с ионами $OH^-$ содержатся и ионы $H^+$.

Ионное произведение воды позволяет по заданной концентрации $H^+$ найти концентрацию $OH^-$, и наоборот.

Пример. Определить концентрацию водородных ионов в 0,01 М растворе КОН.

Решение. КОН – сильный электролит. При полной диссоциации из каждой молекулы КОН образуется один ион $OH^-$. В 1 л раствора из 0,01 моль КОН образуется 0,01 моль ионов $OH^-$. Следовательно:

$$C(H^+) = \frac{K_{H_2O}}{C(OH^-)} = \frac{1\cdot10^{-14}}{1\cdot10^{-2}} = 1\cdot10^{-12}\ \text{моль/л}\ .$$

На практике принято реакцию водных растворов характеризовать концентрацией ионов водорода. Раствор имеет нейтральную реакцию, если в нем $C(H^+) = C(OH^-) = 1\cdot10^{-7}$ моль/л. Если $C(H^+) > 1\cdot10^{-7}$ моль/л, раствор имеет

кислую реакцию. Кислотность раствора тем выше, чем больше концентрация ионов водорода. Раствор, в котором $C(H^+) < 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, имеет щелочную реакцию.

Концентрацию ионов $H^+$ в водных растворах удобно выражать при помощи **водородного показателя pH**, который определяется как отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода: $pH = - \lg C(H^+)$.

Соответственно отрицательный десятичный логарифм концентрации гидроксильных ионов называется гидроксильным показателем и обозначается pOH: $pOH = - \lg C(OH^-)$.

Из уравнения $C(H^+) \cdot C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-14}$ следует, что $pH + pOH = 14$.

**В нейтральном растворе pH = 7; в кислом pH < 7; в щелочном pH > 7**. Причем выделяют сильно- и слабокислую среду, а также сильно- и слабощелочную:

$$pH = \overbrace{1,\ 2,\ 3}^{\text{сильнокислая}},\ \underbrace{4,\ 5,\ 6,}_{\text{слабокислая}}\ \overbrace{7,}^{\text{нейтральная}}\ \underbrace{8,\ 9,\ 10,}_{\text{слабощелочная}}\ \overbrace{11,\ 12,\ 13,\ 14}^{\text{сильнощелочная}}.$$

Для количественного определения pH существуют различные способы. Например, с этой целью используются специальные приборы, называемые pH – метрами. Однако простейшим способом оценки pH является использование кислотно - основных индикаторов. Индикатор представляет собой вещество органического происхождения, способное менять окраску в зависимости от pH среды. Если известно значение pH, при котором индикатор переходит из одной окрашенной формы формы в другую, то по наблюдаемой окраске раствора можно судить о том, выше или ниже его pH, чем pH перехода окраски данного индикатора.

Например, лакмус, один из наиболее распространенных индикаторов, изменяет окраску при pH, близком к 7. Однако изменение окраски лакмуса

происходит не очень резко. Красный цвет лакмус имеет при pH, приблизительно равном 5 или ниже, а синий цвет лакмус имеет при pH, приблизительно равном 8,2 или выше.

Существуют другие индикаторы, изменяющие окраску при значениях pH между 1 и 14. Наиболее распространенные из них представлены в табл. 7.2. Из этой таблицы следует, что, например, метиловый оранжевый изменяет

*Таблица 7.2*

**Цвет распространенных кислотно-основных индикаторов в различной среде**

| Индикатор | Цвет индикатора в зависимости от pH среды |
|---|---|
| Лакмус | pH<5,0 (красный) [фиолетовый] pH>8,0 (синий) |
| Фенолфталеин | pH<8,0 (бесцветный) [бледно-малиновый] pH>9,8 (малиновый) |
| Метиловый оранжевый | pH<3,1 (красный) [оранжевый] pH>4,4 (желтый) |

окраску в интервале pH от 3,1 до 4,4. При pH ниже 3,1 он имеет красную окраску. В растворах с pH в интервале от 3,1 до 4,4 метиловый оранжевый постепенно переходит в свою основную форму, имеющую желтую окраску. Когда pH достигает 4,4, переход в основную форму полностью завершается и раствор приобретает желтую окраску. Для приблизительной оценки pH растворов часто пользуются полосками бумаги, пропитанными различными индикаторами, к которым прилагается цветная шкала сравнения.

## 7.8. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Природная вода, морская и пресная, как правило не является нейтральной средой и характеризуется значением pH, отличным от 7. Дело в том, что во многих случаях вода может выступать в отношении различных веществ и минералов не только как растворитель, но и как активный реагент, вызывающий химическое взаимодействие обменного характера. Такое взаимодействие имеет место, если ионы, образующиеся при диссоциации растворенного в воде вещества, являются остатками слабых электролитов.

Поясним механизм соответствующего явления, рассмотрев процесс ступенчатой диссоциации какого-либо слабого электролита, например, $Cu(OH)_2$:

$$Cu(OH)_2 \leftrightarrow CuOH^+ + OH^-, \quad K_1 << 1;$$

$$CuOH^+ \leftrightarrow Cu^{2+} + OH^-, \quad K_2 << K_1.$$

Первое из двух записанных равновесий характеризуется константой равновесия $K_1$. Величина этой константы намного меньше единицы, так как речь идет о слабом электролите. Следовательно, концентрация образующихся ионов $CuOH^+$ и $OH^-$ очень мала. Еще меньше ионов образуется за счет второй ступени диссоциации слабого электролита, так как $K_2 << K_1$ (отщепление иона $OH^-$ от положительно заряженного иона $CuOH^+$ требует больших энергетических затрат, чем отщепление от нейтральной молекулы $Cu(OH)_2$). Поэтому, если в воде растворить сильный электролит, образующий при диссоциации ионы $Cu^{2+}$, в соответствии с принципом Ле Шателье произойдет смещение анализируемых равновесий в левую сторону. При этом связывание ионов $OH^-$ вызовет и смещение равновесия диссоциации воды, что приведет к накоплению ионов $H^+$ и изменению характера среды в растворе:

$$CuSO_4 = Cu^{2+} + SO_4^{2-},$$
$$H_2O \leftrightarrow OH^- + H^+,$$
$$Cu^{2+} + OH^- \leftrightarrow CuOH^+.$$

Процессы, рассмотренные выше, объединяют под названием «гидролиз». В общем случае **гидролизом называют взаимодействие ионов растворенного вещества с ионами $H^+$ или $OH^-$ молекул воды, ведущее к образованию малодиссоциирующих соединений и изменению pH раствора.**

Явление гидролиза, вызывающее изменение характера среды, распространено в природе (табл. 7.3).

**Необходимо помнить, что гидролизу подвергаются только те соли, которые содержат хотя бы один ион – остаток слабого электролита.** Только в этом случае при растворении в воде возможно образование малодиссоциированных ионов (молекул) кислоты или основания, или того и другого вместе. Рассмотрим различные случаи гидролиза.

### 7.8.1. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой

После растворения и диссоциации соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой, например, медного купороса $CuSO_4$, в водном растворе устанавливается равновесие с участием ионов $Cu^{2+}$ (остаток слабого электролита $Cu(OH)_2$) и молекул $H_2O$:

$$Cu^{2+} + HOH \leftrightarrow CuOH^+ + H^+, \qquad (7.3)$$

или в молекулярной форме:

$$2CuSO_4 + 2H_2O \leftrightarrow (CuOH)_2SO_4 + H_2SO_4. \quad (7.4)$$

*Таблица 7.3*

**Гидролиз в природных водных системах**

| Водная система | Среднее значение pH |
|---|---|
| Рудничные воды колчеданных месторождений | 1 - 2 |
| Воды кратерных озер | 1 - 3 |
| Воды торфяных болот | 4 |
| Воды, насыщенные $CO_2$ | 5 |
| Грунтовые воды (питьевые) | 6,5 – 8,0 |
| Морская вода | 8,2 – 8,5 |
| Содовые озера | 10,0 |
| Насыщенный раствор известняка, мела ($CaCO_3$) | 10,0 |

В результате гидролиза ионы $OH^-$ частично связываются, а ионы $H^+$ накапливаются. Поэтому в растворе становится больше ионов водорода, чем гидроксильных групп. Среда приобретает кислый характер: pH < 7.

Отметим последовательность действий при анализе процесса гидролиза той или иной соли.

Сначала следует определить, содержит ли соль ион – остаток слабого электролита. Например, при растворении NaCl образуются ионы $Na^+$ и $Cl^-$, соответствующие сильным электролитам – основанию NaOH и кислоте HCl. Подобные соли гидролизу не подвергаются: $NaCl + H_2O \neq$.

В том случае, если соль содержит ион – остаток слабого электролита, гидролиз протекать будет. Причем суть процесса выражают составлением молекулярного и ионного уравнений гидролиза. Удобнее, сделав заготовку

молекулярного уравнения, начать с ионной формы взаимодействия. При этом можно воспользоваться соответствующими правилами.

**Для составления ионного уравнения гидролиза по катиону необходимо** (смотри уравнение 7.3):

1. Выписать катион слабого основания.

2. Прибавить одну молекулу воды.

3. Поставить знак равновесия.

4. Записать формулу соединения, образованного катионом слабого основания и группой $OH^-$ из воды.

5. Прибавить оставшийся от воды ион $H^+$.

Комментарии к данному правилу.

При составлении ионного уравнения гидролиза к одному катиону слабого основания прибавляем только одну молекулу воды. Это связано с тем, что при обычных условиях гидролиз протекает только по первой ступени: один ион – остаток слабого электролита взаимодействует с одной молекулой воды. При повышении температуры или сильном разведении раствора возможны следующие ступени гидролиза до образования нейтральных молекул слабого электролита:

$$CuOH^+ + HOH \leftrightarrow Cu(OH)_2 + H^+,$$

$$(CuOH)_2SO_4 + 2H_2O \leftrightarrow 2Cu(OH)_2 + H_2SO_4.$$

В уравнениях гидролиза ставится знак равновесия, так как гидролиз солей обратим. Например, если в результате гидролиза накапливаются ионы $H^+$, добавление к раствору соли какой - либо сильной кислоты вызовет смещение равновесия в сторону исходных негидролизованных ионов соли.

**Для составления молекулярного уравнения гидролиза необходимо** (смотри уравнение 7.4):

1. Выписать формулу соли.

2. Прибавить воду.

3. Поставить знак равновесия.

4. Записать формулы веществ, образованных катионами в правой части ионного уравнения и анионом исходной соли.

5. В случае необходимости – уравнять.

### 7.8.2. Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, является ацетат натрия $CH_3COONa$. При растворении в воде эта соль диссоциирует на ионы $Na^+$ и $CH_3COO^-$. Ацетат – ион  является остатком слабой уксусной кислоты, следовательно, исходная соль будет подвергаться гидролизу. Для составления молекулярного и ионного уравнений гидролиза можно воспользоваться правилами, подобными тем, что были рассмотрены выше для гидролиза соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой:

$$CH_3COONa + H_2O \leftrightarrow CH_3COOH + NaOH,$$
$$CH_3COO^- + HOH \leftrightarrow CH_3COOH + OH^-.$$

Ионы $CH_3COO^-$, взаимодействуя с ионами $H^+$ воды, образуют молекулы слабодиссоциированной уксусной кислоты. Ионы же $Na^+$ не связываются ионами $OH^-$, так как NaOH – сильный электролит. Уменьшение в растворе числа ионов $H^+$ нарушает равновесие между молекулами воды и ее ионами, вызывая диссоциацию дополнительного количества молекул воды. Вновь образующиеся ионы $H^+$ в свою очередь связываются ионами $CH_3COO^-$ в молекулы $CH_3COOH$, а свободные ионы $OH^-$ накапливаются в растворе. Избыток ионов гидроксила создает щелочную среду: $pH > 7$.

### 7.8.3. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой**,** служит фторид аммония $NH_4F$, гидролизующийся следующим образом:

$$NH_4F + H_2O \leftrightarrow NH_4OH,$$
$$NH_4^+ + F^- + HOH \leftrightarrow NH_4OH + HF.$$

При гидролизе фторида аммония одновременно связываются ионы $H^+$ и $OH^-$, т. е. образуются два слабых электролита - слабая кислота и слабое основание. Характер среды в подобных случаях зависит от относительной силы образующихся кислоты и основания. При численном равенстве констант диссоциации основания и кислоты, среда будет нейтральной. Если константа диссоциации кислоты превышает константу диссоциации основания, то раствор соли будет слабокислым и, наоборот, раствор будет иметь слабощелочную реакцию, если константа диссоциации основания больше константы диссоциации кислоты.

### 7.8.4. Полный гидролиз

Возможен случай протекания гидролиза по всем возможным ступеням до полного разложения соли. Это происходит при гидролизе солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой, когда получающиеся кислота и основание очень слабые, к тому же летучие или труднорастворимые. Такие соли отмечены прочерком в таблице растворимости. Они могут быть получены только сухим путем. При контакте с водой эти соли необратимо разлагаются, т. к. протекает полный гидролиз. В результате полного гидролиза образуются осадок слабого основания и молекулы слабой кислоты. Например,

взаимодействие $Al_2S_3$ (в таблице растворимости данная соль отмечена прочерком) с водой протекает следующим образом:

$$A1_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2A1\ (OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow,$$
$$2Al^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O \rightarrow 2A1\ (OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow.$$

### 7.8.5. Количественные аспекты гидролиза

Для количественной характеристики процесса гидролиза используют две величины – **степень гидролиза** и константу гидролиза.

Отношение концентрации гидролизованной части молекул к общей концентрации соли в растворе называют степенью гидролиза:

$$h = C(\text{гидр.}) / C(\text{общ.}),$$

где h – степень гидролиза; C(гидр.) – концентрация гидролизованных молекул соли; C(общ.) – общая концентрация соли в растворе.

Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

1) от константы диссоциации кислоты или основания, образующихся в процессе гидролиза. Чем меньше константа диссоциации, тем больше степень гидролиза;

2) от температуры. При нагревании раствора гидролиз усиливается, так как увеличивается степень диссоциации воды;

3) для солей, образованных сильными кислотами и слабыми основаниями, а также сильными основаниями и слабыми кислотами, степень гидролиза также возрастает при разбавлении раствора.

Запишем в общем виде уравнение реакции гидролиза соли MeA, образованной слабым основанием MeOH и слабой кислотой HA:

$$MeA + H_2O \leftrightarrow MeOH + HA,$$

$$Me^+ + A^- + HOH \leftrightarrow MeOH + HA.$$

Константа равновесия для гидролиза рассматриваемой соли имеет вид:

$$K = \frac{C(MeOH)\cdot C(HA)}{C(Me^+)\cdot C(A^-)\cdot C(H_2O)}. \qquad (7.5)$$

Для разбавленного раствора можно принять, что молярная концентрация воды в результате реакции гидролиза практически не меняется и имеет почти то же значение, что и для чистой воды, а именно 55,5 моль/л. Объединяя в уравнении (7.5) две постоянные величины К и $C(H_2O)$ в одну – константу гидролиза $K_{гидр.}$, получим:

$$K_{гидр.} = K\cdot C(H_2O) = \frac{C(MeOH)\cdot C(HA)}{C(Me^+)\cdot C(A^-)}. \qquad (7.6)$$

**Константа гидролиза** зависит от температуры и природы растворенной соли, но в области больших разбавлений практически не зависит от концентрации. Константа гидролиза показывает, насколько велика концентрация молекул слабого основания и молекул слабой кислоты в сравнении с концентрацией соответствующих катионов и анионов после установления равновесия гидролиза.

Умножим в равенстве (7.6) числитель и знаменатель дроби на величину $C(H^+)\cdot C(OH^-)$:

$$K_{гидр.} = \frac{C(MeOH)\cdot C(HA)\cdot C(H^+)\cdot C(OH^-)}{C(Me^+)\cdot C(A^-)\cdot C(H^+)\cdot C(OH^-)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{MeOH}\cdot K_{HA}}.$$

Следовательно, константа гидролиза соли, образованной катионом

слабого основания и анионом слабой кислоты, равна ионному произведению воды, деленному на произведение констант диссоциации кислоты и основания. Чем слабее основание или кислота, катион и анион которых входят в состав соли, тем в большей степени соль будет подвергаться гидролизу, тем больше будет значение соответствующей константы гидролиза.

## 7.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислить pH 0,005 н. раствора гидроксида калия.

2. Определить pH 0,01 н. раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации $CH_3COOH$ составляет $1{,}75 \cdot 10^{-5}$.

3. Чему равна концентрация ионов водорода в 0,1 н. растворе NaOH?

4. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций:

| | | |
|---|---|---|
| $MnCl_2 + Na_2SO_3$; | $NH_4C1 + Fe(NO_3)_2$; | $K_2SO_4 + H_2SiO_3$; |
| $NaOH + Zn(OH)_2$; | $MgSO_4 + H_2CO_3$; | $KOH + SnCl_2$; |
| $H_2SO_4 + NaHS$; | $Cr_2O_3 + Ba(OH)_2$; | $A1PO_4 + Cr(CH_3COO)_3$; |
| $KOH + CO_2$; | $HNO_3 + (NH_4)_2SO_4$; | $PbO_2 + NaNO_3$; |
| $NH_4NO_3 + HgSO_4$; | $Fe(NO_3)_3 + K_2S$; | $MnCl_2 + H_2SO_3$; |
| $TiO_2 + MgCl_2$; | $Zn(OH)_2 + CaO$; | $Pb(CH_3COO)_2 + K_2SO_4$; |
| $Cr_2O_3 + SO_3$; | $Mg_3(PO_4)_2 + Na_2SO_4$; | $Fe(NO_3)_2 + NaCl$; |
| $A1(OH)_3 + NaOH$; | $CuSO_4 + SnCl_2$; | $K_2CO_3 + HC1$. |

5. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций гидролиза:

| | | |
|---|---|---|
| $BiCl_3 + H_2O$; | $AgNO_3 + H_2O$; | $CH_3COOK + H_2O$; |
| $K_3PO_4 + H_2O$; | $(NH_4)_2CO_3 + H_2O$; | $Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$; |
| $Mg(NO_3)_2 + H_2O$; | $Cr_2(CO_3)_3 + H_2O$; | $Sn(NO_3)_2 + H_2O$; |
| $Zn_3(PO_4)_2 + H_2O$; | $FeSO_4 + H_2O$; | $Cr_2S_3 + H_2O$. |

# Глава 8
# СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

## 8.1. СТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМОВ

Для того чтобы понять закономерности распределения и содержания химических элементов в земной коре, необходимо знать электронную структуру атомов. Расположение электронов в атоме определяет его электронное строение и химические свойства.

Так, в геохимии явления распределения элементов в различных природных объектах связывают с конфигурацией электронных оболочек соответствующих атомов. По В.М. Гольдшмидту «геохимия изучает распределение и содержание химических элементов в минералах, рудах, породах, почвах, водах и атмосфере и циркуляцию элементов в природе на основе свойств атомов и ионов».

Современные представления об электронном строении атомов сформировались на основе классических положений **квантовой механики.** Квантовая (волновая) механика - раздел теоретической физики, изучающий законы движения микрочастиц, характеризующихся размерами $10^{-8}$ - $10^{-15}$ м.

Луи де Бройль предположил, что движение любой материальной частицы сопровождается распространением фазовых волн:

$$\lambda = \frac{h}{mV} \quad , \tag{8.1}$$

где λ - длина волны, связанная с движущейся частицей вещества; h - постоянная Планка; m – масса движущейся частицы; V – скорость частицы.

У макроскопических тел волновые свойства не проявляются, так как

длины волн оказываются очень малыми. Однако формула (соотношение) де Бройля (8.1) позволила перенести представления о двойственной, корпускулярно - волновой природе на частицы вещества. Причем корпускулярно - волновой дуализм частиц микромира подтверждается опытами по отражению и прохождению электронов через кристаллы. В этих опытах проявляется дифракционная картина, наличие которой служит признаком волнового процесса. Соответствующий эффект наблюдается, когда длина волны, создаваемой электронами, имеет порядок величины, сопоставимый с межатомным расстоянием в кристалле.

Согласно статистической интерпретации волны де Бройля имеют особый физический смысл «волн вероятности». Интенсивность волны вероятности служит мерой вероятности обнаружения частицы в данном месте пространства. С позиций квантовой механики существование электрона в атоме связывается с вероятностью нахождения электрона в определенном объеме dV(x,y,z) атомного пространства. Пространство вокруг ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, принято называть **атомной орбиталью.**

Возможность нахождения частицы в фиксированной области трехмерного пространства (x, y, z) в данный момент времени (t) характеризуется волновой функцией $\psi(x,y,z,t)$. Вероятность W(x,y,z,t) обнаружить частицу в объеме $dV = dx \cdot dy \cdot dz$ в момент времени t определяется квадратом волновой функции:

$$W(x,y,z,t) = | \psi(x,y,z,t) |^2 \, dV.$$

Основное уравнение квантовой механики, определяющее вид функции $\psi$ для различных случаев движения и взаимодействия микрочастиц, называется уравнением Шредингера. **Уравнение Шредингера** является постулатом и представляет собой дифференциальное уравнение высокого порядка. Для

одного электрона в отсутствие внешнего магнитного поля оно имеет вид:

$$\frac{ih}{2\pi}\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\Delta\psi + U(x, y, z, t)\psi,$$

где $\Delta$ - оператор Лапласа; U(x,y,z,t) - потенциальная энергия электрона; m - масса электрона; $i = \sqrt{-1}$.

Решение уравнения Шредингера получается в виде набора целых чисел. Эти числа определяют наиболее вероятное положение электрона (его «адрес») в атоме. Электрон существует в трехмерном пространстве, поэтому такой набор включает три числа, которые называют квантовыми числами. **Квантовые числа** можно сравнить с почтовым индексом, содержащим в сжатом числовом коде информацию о местоположении интересующего объекта. Причем среди этих чисел есть главные (основные), без которых положение объекта не определяется в принципе, и вспомогательные, позволяющие детализировать его пространственную локализацию.

### 8.1.1. Квантовые числа

Первое число в решении уравнения Шредингера называют главным квантовым числом (обозначают буквой n). **Главное квантовое число** определяет энергию электрона в атоме, связанную с расстоянием, на которое электрон удален от ядра. Чем больше значение n, тем слабее связан электрон с ядром, тем на большем удалении от ядра атома он находится. Причем энергия электрона принимает не любые, а лишь определенные дискретные (квантующиеся) значения.

Главное квантовое число может принимать целочисленные значения. Реально для электронов в невозбужденных атомах химических элементов оно

изменяется от 1 до 7. Совокупность электронов в атоме, характеризующихся одним и тем же значением главного квантового числа, называют **энергетическим уровнем или электронным слоем** (с соответствующим значению n номером). Энергетические уровни, для которых n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, также называют, соответственно, K, L, M, N, O, P, Q - уровнями. Если, например, n = 4, то говорят, что электрон находится на четвертом (считая от ядра) уровне или на N - уровне.

Второе число в решении уравнения Шредингера - **орбитальное, или побочное, квантовое число** ι характеризует различие в энергетическом состоянии электронов в пределах данного уровня. Значение орбитального квантового числа определяет число подуровней, составляющих данный энергетический уровень. Для электронов, находящихся на энергетическом уровне с главным квантовым числом n, орбитальное квантовое число ι может принимать значения 0,1,2,3, ... до (n - 1). Поэтому возможное число подуровней в каждом энергетическом уровне равно значению главного квантового числа.

Численные значения ι принято заменять буквенными обозначениями. Подуровни, которым отвечают значения побочного квантового числа ι = 0, 1, 2 и 3, называются, соответственно, s, p, d и f - подуровнями.

В состав энергетических уровней входят следующие подуровни:

1-й уровень – s - подуровень (ι = 0);

2-й уровень – s - подуровень (ι = 0) и p - подуровень (ι = 1);

3-й уровень – s - подуровень (ι = 0), p - подуровень (ι = 1) и d - подуровень (ι = 2);

4-й уровень – s - подуровень (ι = 0), p - подуровень (ι = 1), d - подуровень (ι = 2) и f - подуровень (ι = 3).

В атомах известных химических элементов более четырех подуровней электронами не заполняется.

С точки зрения волновых представлений орбитальное квантовое число

характеризует форму электронного облака, пространственную область его наиболее вероятного нахождения. Для атомной орбитали s - электронов характерна форма шара, для p - электронов – форма гантели, для d - электронов – форма четырехлопастного винта, для f - электронов эта форма еще сложнее.

Третье число в решении уравнения Шредингера - **магнитное квантовое число $m_e$** характеризует магнитный момент электрона, обусловленный его движением в поле ядра. Магнитное квантовое число принимает целочисленные значения от $-\iota$ до $+\iota$, включая нуль, т. е. всего $(2\cdot\iota+1)$ значений. Например, для d - электрона, для которого $\iota=2$, магнитное квантовое число может иметь $(2\cdot2+1)$ значений, а именно $m_e$ = -2, -1, 0, +1, +2. Этим значениям отвечают $(2\cdot\iota+1)$ энергетических состояний - так называемых квантовых или энергетических ячеек, возможных для электронов данного подуровня. Эти ячейки принято обозначать квадратами, а находящиеся в них электроны - стрелками.

Электрон обладает способностью вращаться вокруг собственной оси. Поэтому дополнительно к трем рассмотренным квантовым числам добавляется еще одно, не связанное с решением уравнения Шредингера. Соответствующее квантовое число S называют спиновым квантовым числом или спином электрона. Спиновое квантовое число принимает два значения +½ или – ½ в зависимости от направления вращения электрона вокруг своей оси.

### 8.1.2. Распределение электронов в атомах. Принципы запрета и наименьшей энергии

Распределение электронов в атомах химических элементов определяется тремя основными положениями: принципом запрета Паули, принципом наименьшей энергии, а также правилом Гунда.

Согласно принципу запрета, установленному швейцарским физиком

**В. Паули**, в автоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел. Максимальное количество электронов, которое может находиться на n - ном энергетическом уровне, так, чтобы не нарушалось это условие, соответствует формуле $x = 2n^2$. Следовательно, на первом уровне может находиться не более двух электронов, на втором - 8, на третьем - 18, на четвертом - 32 и т. д. Наибольшее количество электронов, которое может разместиться на s - подуровне любого уровня равно 2, на p - подуровне их может разместиться не более 6, на d - подуровне - 10 и на f - подуровне - 14.

При описании электронных структур отдельных атомов для условной записи принята определенная символика. Вначале арабскими цифрами указывают номер уровня, а далее буквенным символом s, p, d или f - подуровень, к которому относятся электроны, и, наконец, верхним цифровым индексом справа от этого символа - количество электронов на рассматриваемом подуровне. Так, например, запись $4p^6$ означает, что на p - подуровне четвертого энергетического уровня располагается 6 электронов; а запись $4f^3$, что на f - подуровне четвертого уровня находится 3 электрона.

Согласно другому принципу – принципу наименьшей энергии, распределение электронов должно отвечать наибольшей прочности их связи с ядром атома, т.е. электрон прежде всего занимает такие положения, при которых он будет обладать наименьшим собственным запасом энергии. Так как энергия электрона в основном определяется значениями квантовых чисел n и ι, **Клечковский В. М.** предложил следующие два правила:

1. По мере увеличения заряда ядра атома последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней осуществляется в направлении возрастания суммы главного n и орбитального ι квантовых чисел (n+ι).

2. Если сумма (n+ι) оказывается одинаковой для нескольких подуровней, то последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней происходит в порядке уменьшения ι и увеличения n. Например,

при n+ι = 6 сначала заполняется 4d - подуровень (n = 4, ι = 2), а затем 5p - подуровень (n = 5, ι = 1).

### 8.1.3. Квантовые ячейки. Правило Гунда

Количеством значений магнитного квантового числа для электронов одного подуровня определяется число квантовых (энергетических) ячеек этого подуровня. Квантовые ячейки для электронов обычно располагают ступенями, что соответствует повышению энергии электронов при переходе от s к p подуровню. Внутри каждой ячейки может размещаться не более двух электронов, которые при этом должны различаться значением спинового квантового числа (иметь антипараллельные спины). В противном случае для двух электронов одного атома все четыре квантовые числа будут иметь одинаковые значения, что противоречит принципу запрета Паули.

Понятием квантовая ячейка охватывается энергетическое состояние электрона, характеризуемое определенными значениями квантовых чисел n, ι и $m_e$. Для s - электронов при значении орбитального квантового числа ι = 0 возможно только одно значение магнитного числа: $m_e = 0$, и, таким образом, в s - подуровне может быть только одна энергетическая ячейка.

Для p - электронов (ι = 1) возможны три варианта магнитного квантового числа (-1, 0, +1) и, соответственно, три квантовые ячейки в p - подуровне. Для d - электронов (ι = 2) возможны 5 значений $m_e$ (-2, -1, 0, +1, +2), соответственно, в d - подуровне имеется 5 ячеек. В случае f - подуровня (ι = 3) $m_e$ принимает значения -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 (7 ячеек).

Значениями орбитального квантового числа ι определяется форма электронного облака (атомной орбитали). В свою очередь, магнитное квантовое число определяет взаимную ориентацию в пространстве этих орбиталей. Для s - электронов при ι = 0 и $m_e = 0$ это соответствует тому, что для электрон-

ного облака шаровидной формы не существует различных вариантов его ориентации в пространстве, все направления равнозначны (рис. 8.1). Для p - электронов, имеющих форму гантели, $\iota = 1$ и $m_e$ может принимать 3 значения, чему отвечают 3 варианта взаимной ориентации этих орбиталей: вдоль осей x, y, z (рис. 8.2). У более сложных по своей конфигурации d и f - электронов существует 5 и 7 вариантов соответственно их взаимного расположения в пространстве. Знание такой взаимной ориентации атомных орбиталей p, d и f - электронов позволяет объяснить направленный характер химической связи, расположение химических связей в пространстве под вполне определенными углами.

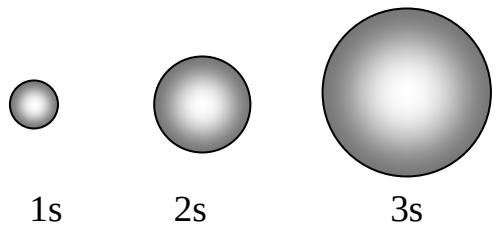



Рис. 8.1. Изображения контуров 1s-, 2s- и 3s – орбиталей

Для определения конфигурации электронных оболочек атомов используют еще одно теоретическое положение - **правило Ф. Гунда**:

**электроны в пределах данного подуровня (s-, p-, d- или f-) располагаются сначала по одному в свободных квантовых ячейках, ориентируя при этом свои спины параллельно**.

Например, по правилу Гунда, пять электронов на d - подуровне размещаются по одному в каждой из пяти энергетических ячеек подуровня. При этом спины электронов должны быть направлены в одну сторону.

В зависимости от того, на какой подуровень приходится последний электрон при застройке электронной оболочки атома, различают s, p, d и

f - элементы.

Символы s - элементов отмечены в таблице Менделеева красным цветом. Для s - элементов характерны ярко выраженные металлические свойства; их атомы легко отдают внешние электроны. Атомы данных элементов способны окисляться ионами водорода воды и разбавленных кислот, причем для большинства из них (кроме бериллия и магния) даже с водой реакция протекает довольно бурно.

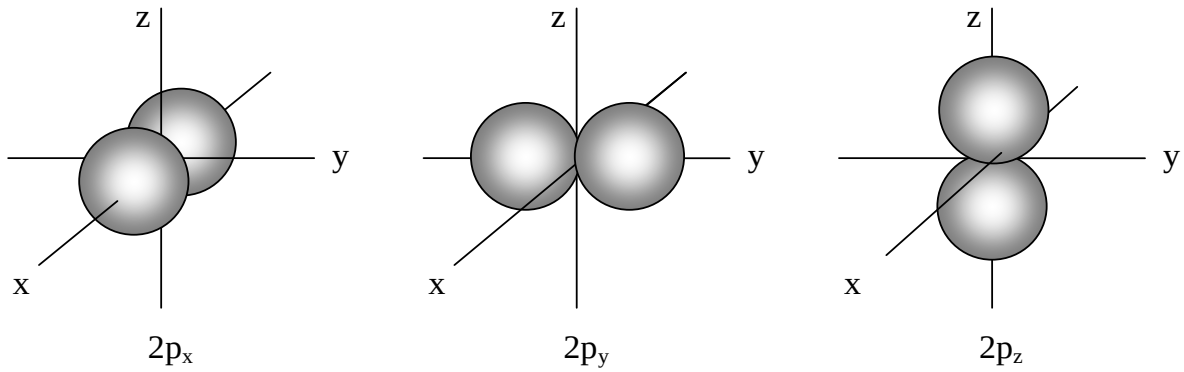



Рис. 8.2. Изображения контуров 2p – орбиталей. Три орбитали с различной ориентацией в пространстве соответствуют различным значениям магнитного квантового числа

Водород также способен терять электрон и образовывать соединения, в которых его степень окисления +1. Однако наряду с этим известны соединения (гидриды щелочных и щелочноземельных металлов), в которых водород заряжен отрицательно.

Символы p - элементов отмечены в таблице Менделеева желтым цветом. Часть p - элементов обнаруживает неметаллические свойства, проявляя способность как к окислению, так и к восстановлению, например, N, P, S. Для таких p - элементов как, например, Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb более характерны

металлические свойства и положительные степени окисления в соединениях. Атомы инертных газов, относящихся к p - элементам, окисляются трудно, т.к. имеют устойчивую электронную конфигурацию с завершенным p - подуровнем внешнего энергетического уровня.

К числу d - элементов принадлежат представители переходных элементов. Переходные элементы, расположенные в периодической системе Д. И. Менделеева друг под другом, обнаруживают большое сходство в свойствах и составляют побочные подгруппы I - VIII групп. Все d - элементы - типичные металлы, образуемые ими простые вещества способны выступать в окислительно - восстановительных реакциях только в качестве восстановителей.

К числу f - элементов относят два семейства элементов - лантаноиды и актиноиды. Все f - элементы являются типичными металлами, практически для всех них характерна степень окисления +3 и близкие химические свойства в пределах семейства.

## 8.2. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ

### 8.2.1. Размеры атомов

Ряд свойств атомов зависит от их электронной конфигурации. Такими свойствами, определяющими важные характеристики химического поведения атомов различных элементов являются  размер атома, энергия ионизации, энергия сродства к электрону.

Согласно квантовомеханической модели, атом не имеет четко определенных границ, позволяющих однозначно установить его размеры. С увеличением расстояния от ядра вероятность обнаружения электрона в соответствующей области атомного пространства уменьшается, приближаясь к нулевому значению на больших расстояниях. Тем не менее, существуют методики, позволяющие рассчитывать расстояния между атомами, находящимися

в химических соединениях. С помощью этих методик определены атомные радиусы, которые служат мерой относительных размеров атомов. Например, расстояние между центрами атомов Br в молекуле $Br_2$ равно 2,28 $\overset{o}{A}$, что позволяет приписать атому Br радиус 1,14 $\overset{o}{A}$.

При перемещении слева направо вдоль любого периода таблицы Менделеева отмечается увеличение эффективного заряда ядра атомов и числа электронов на их внешнем энергетическом уровне. Общее число энергетических уровней для атомов химических элементов в пределах одного периода при этом неизменно. В результате с увеличением порядкового номера элемента происходит рост энергии взаимодействия электронов с ядром и заметное сжатие внешних орбиталей.

Перемещение сверху вниз в любой группе, наоборот, приводит к возрастанию размера атомов, что соответствует увеличению их главного квантового числа, определяющего число энергетических уровней.

В изменении атомных радиусов обнаруживается периодическая закономерность. При перемещении вдоль каждого периода от щелочного металла (1 группа) к галогену (7 группа) наблюдается уменьшение размеров атомов. В пределах каждого семейства (группы) периодической таблицы, например, среди щелочных металлов, по мере увеличения атомного номера радиус атома возрастает.

### 8.2.2. Энергия ионизации

Энергией ионизации I называется энергия, необходимая для отрыва и удаления электрона из сферы влияния ядра изолированного атома.

Более доступной для экспериментального определения величиной является **потенциал ионизации.** Это тот наименьший потенциал, при котором происходит отрыв электрона из атома и последующее его удаление из сферы притяжения ядра. Энергию ионизации I выражают в Джоулях или электрон -

вольтах (эВ); 1 эВ – энергия электрона в ускоряющем электрическом поле с разностью потенциалов 1 В (1 эВ = 96,49 кДж/моль). Оба эти понятия обычно используются как равнозначные. Чем больше энергия ионизации, тем прочнее связан электрон в атоме или ионе. Следовательно, чем меньше энергия ионизации данного атома, тем более выражены его восстановительные свойства.

При удалении из атома не одного, а двух и более электронов говорят о первом $I_1$, втором $I_2$ и т. д. ионизационном потенциале. Удаление каждого последующего электрона из атома (иона) требует затраты все большего количества энергии. Причина этого заключается в том, что положительный заряд ядра, определяющий силу притяжения удаляемого электрона, остается все время постоянным, тогда как число электронов, нейтрализующих этот заряд, последовательно уменьшается.

В периодах величина энергии ионизации с возрастанием порядкового номера увеличивается (табл. 8.1), а восстановительная способность атомов, соответственно, уменьшается. Это связано с уменьшением радиусов атомов и увеличением положительных зарядов ядер.

Энергия ионизации в пределах главных подгрупп с увеличением порядкового номера уменьшается, а восстановительная способность атомов, соответственно, увеличивается. Объясняется это тем, что притяжение валентного электрона к ядру ослабляется с увеличением радиуса атома, причем это увеличение влияет на силу притяжения в большей мере, чем возрастание положительного заряда ядра.

Таким образом, в таблице Менделеева из s- и p - элементов наиболее сильные восстановители расположены слева внизу (самый сильный восстановитель - франций). Наиболее слабые восстановительные свойства проявляют химические элементы, расположенные в правом верхнем углу таблицы. Особенно это относится к фтору.

Для переходных элементов (d - элементы), а также для лантаноидов и актиноидов (f - элементы) значения энергии ионизации с возрастанием по-

рядкового номера постепенно увеличиваются, но незначительно, поскольку с возрастанием порядкового номера мало изменяются радиусы атомов и заряды ядер.

*Таблица 8.1*

**Последовательные энергии ионизации $I_n$ (кДж/моль) атомов химических элементов третьего периода**

| Элемент | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ | $I_6$ | $I_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Na | 490 | 4560 | | | | | |
| Mg | 735 | 1445 | 7730 | | | | |
| Al | 580 | 1815 | 2740 | 11600 | | | |
| Si | 780 | 1575 | 3220 | 4350 | 16100 | | |
| P | 1060 | 1890 | 2905 | 4950 | 6270 | 21200 | |
| S | 1005 | 2260 | 3375 | 4565 | 6950 | 8490 | 27000 |
| Cl | 1255 | 2295 | 3850 | 5160 | 6560 | 9360 | 11000 |
| Ar | 1525 | 2665 | 3945 | 5770 | 7230 | 8780 | 12000 |

### 8.2.3. Сродство к электрону и электроотрицательность

Характеристикой способности нейтральных атомов к присоединению электронов является **сродство к электрону E** - количество энергии, которая выделяется или которую необходимо затратить для присоединения электрона к атому. В случае большинства нейтральных атомов и всех положительно заряженных ионов присоединение электрона сопровождается выделением энергии и соответствует экзотермическому процессу. Следовательно, чем больше по абсолютной величине отрицательное значение E, тем больше способность атома притягивать электроны и, соответственно, выше его окислительная активность.

Сродство к электрону тесно связано с энергией ионизации: сродство к

электрону для однозарядного положительного иона противоположно по знаку, но совпадает по величине с энергией ионизации соответствующего нейтрального атома.

В изменении величины сродства к электрону в периодах и группах таблицы Менделеева нет столь же ярко выраженной закономерности, как в изменении энергии ионизации. Сродство к электрону зависит не только от радиуса атома и заряда ядра, но и от числа электронов на внешнем уровне атома и наличия свободных квантовых ячеек.

Для характеристики относительной способности атома смещать к себе участвующие в образовании химической связи электроны и приобретать отрицательный заряд служит еще одна условная величина - электроотрицательность. Мерой электроотрицательности ($\chi$) является полусумма первого потенциала ионизации $I_1$ и сродства к электрону E:

$$\chi = (I_1 + E)/2.$$

Удобнее пользоваться не абсолютными значениями электроотрицательности, а относительными. При оценке значений электротрицательности одному из элементов приписывают условно выбранное значение параметра. Например, в качестве точки отсчета выбирают значение 2,5, которое принимается за электроотрицательность углерода. Понятие электроотрицательности ввел Л. Полинг, который и выбрал для углерода это значение. Конкретное значение точки отсчета не играет важной роли, так как сравнивают относительные значения электроотрицательности элементов. По Полингу наиболее электроотрицательным элементом является фтор, имеющий электроотрицательность, равную 4,0. Наименьшую элетроотрицательность, равную 0,79, имеет цезий. Электроотрицательности всех остальных элементов находятся в отмеченных пределах. Чем выше значение электроотрицательности для данного элемента, тем более выражены его неметаллические свойства, тем

сильнее его атомы в молекулах химических соединений притягивают электроны, приобретая отрицательный эффективный заряд.

С увеличением порядкового номера электроотрицательность s- и p - элементов в периодах увеличивается (от щелочного металла к галогену), а в подгруппах, как правило, снижается. В целом, при перемещении слева направо вдоль одного периода сродство к электрону возрастает, что соответствует увеличению способности атома притягивать электрон.

Самые большие значения сродства к электрону характерны для галогенов. Это объясняется тем, что атомы галогенов имеют конфигурацию внешних электронов вида $s^2p^5$. Добавление всего одного электрона от атома другого элемента приводит к образованию устойчивой конфигурации, характерной для атомов благородных газов. Полной противоположностью галогенам являются химически инертные благородные газы – гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон. Атомы благородных газов, имеющие заполненные s- и p- подуровни, не притягивают к себе дополнительного электрона; чтобы присоединить к ним электрон, нужно затратить энергию. Точно так же присоединение электрона к атомам щелочноземельных металлов требует затраты энергии, т.к. в каждом из них имеется заполненный внешний s - подуровень.

## 8.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Укажите, какие экспериментальные данные свидетельствуют о наличии волновых свойств у частиц вещества.

2. Формально ион $Li^{2+}$ имеет всего один электрон. Как вы думаете: большую или меньшую величину составит энергия ионизации данного иона в сравнении с энергией ионизации атома водорода H? Объясните ответ.

3. Какие из перечисленных ниже обозначений атомных орбиталей не имеют смысла: 4f, 2d, 2s, 5p, 1p, 3f, 3d?

4. Укажите значения квантовых чисел n, ι, $m_e$ для всех орбиталей, входящих в 4f - подуровень; для всех орбиталей, входящих в электронную оболочку с n = 2.

5. Чем отличаются 2p- и 3p - орбитали?

6. Какие характеристики орбиталей определяются значением: а) главного квантового числа; б) орбитального квантового числа; в) магнитного квантового числа?

7. Укажите, в чем различие между следующими терминами: а) орбита и орбиталь; б) длина волны и частота; в) s - орбиталь и p - орбиталь; г) основное и возбужденное состояние; д) непрерывный спектр и линейчатый спектр; е) главное квантовое число и орбитальное квантовое число.

8. Запишите наборы квантовых чисел, разрешенных для каждой из следующих орбиталей: а) 1s; б) 2p; в) 3d.

9. Какая из орбиталей каждой указанной пары имеет более низкую энергию в многоэлектронном атоме: а) 3p, 5s; б) 2s, 2p; в) 3d, 3s; г) 3d, 4f?

10. Объясните, почему 2s-электрон в атоме бериллия испытывает действие большего эффективного заряда ядра, чем 2s-электрон в атоме лития?

11. Напишите электронные конфигурации следующих атомов: а) K; б) Si; в) Se; г) Mn; д) La.

12. Как изменяются перечисленные ниже свойства при перемещении слева направо в любом периоде таблицы Менделеева: а) размер атома; б) энергия ионизации; в) сродство к электрону. Как изменяется каждое из этих свойств при перемещении сверху вниз в произвольной группе таблицы?

13. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение радиуса: а) Na, Li; б) Li, Be; в) O, P; г) N, Si.

14. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение энергии ионизации: а) N, F; б) Na, Mg; в) O, S; г)Al, Si.

15. Объясните низкую реакционную способность благородных газов с учетом их энергий ионизации и сродства к электрону.

# Глава 9
# ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

## 9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вода – одно из самых распространенных на Земле веществ. Это вещество и в жидком и в твердом состоянии состоит из молекул $H_2O$.

Миллионы лет назад при высыхании обширных морей образовались крупные залежи другого распространенного вещества - минерала галита. Химический состав данного минерала соответствует хлориду натрия NaCl. Как в растворе, так и в твердом состоянии хлорид натрия состоит из ионов $Na^+$ и $Cl^-$.

Почему вещества состоят из разных частиц, одни из заряженных ионов, а другие из электронейтральных молекул?

Объяснение природы сил, ответственных за химическую связь атомов, стало возможным после установления электронного строения атомов. Все современные теории химической связи сходятся в одном: образование химической связи сопровождается существенной перестройкой электронных оболочек взаимодействующих атомов. При этом важно, что перестройка электронных оболочек затрагивает в основном наиболее подвижные валентные электроны внешнего, а в некоторых случаях и более глубоких уровней.

У s- и p - элементов валентными являются электроны внешнего уровня. У d - элементов валентными являются не только s - электроны внешнего, но и d - электроны предпоследнего уровня. У f - элементов (лантаноидов и актиноидов) валентными являются s - электроны внешнего уровня, обычно один d - электрон предпоследнего уровня и f - электроны третьего извне уровня. Например, для урана, проявляющего в химических соединениях степени окисления +3, +4, +5 и +6, валентную группу электронов образуют два 7s, один 6d

и три 5f - электрона: $_{92}U = \ldots 5f^3 6d^1 7s^2$.

Образование молекул из отдельных атомов, между которыми возникает химическая связь, всегда сопровождается выделением значительного количества энергии. Эта энергия образования химической связи, так же, как и обратная ей по знаку энергия разрыва (или диссоциации) связи, может служить мерой прочности химической связи.

В зависимости от характера перераспределения валентных электронов между взаимодействующими атомами различают два основных типа химической связи:

1) ионную (гетерополярную), когда электроны практически полностью переходят от одного взаимодействующего атома к другому;

2) ковалентную (гомеополярную), когда электроны лишь частично смещаются к одному из взаимодействующих атомов.

Теория химической связи основывается на том, что атомы или ионы, имеющие на внешнем уровне 8 (или 2 для легких атомов) электронов, т.е. подобные по своей электронной конфигурации атомам инертных газов, отличаются большой устойчивостью. Поэтому атомы, переходя в состояние ионов, либо теряют электроны до тех пор, пока не будет образована устойчивая восьми- или двухэлектронная оболочка, либо приобретают электроны до тех пор, пока их внешний электронный уровень не будет дополнен до восьмиэлектронной оболочки. Между образовавшимися противоположно заряженными ионами возникает химическая связь.

Основы теории ковалентной (гомеополярной) химической связи разработал **Г. Н. Льюис**. Он считал, что устойчивые электронные конфигурации возникают не за счет полного перехода части внешних электронов от одного атома к другому, а за счет образования одной или нескольких общих для обоих взаимодействующих атомов пар электронов. Эти пары электронов принадлежат одновременно одному и другому атому. Льюис предложил в формулах молекул химических соединений указывать только наиболее подвижные валентные электроны, обозначая их точками вокруг символов ато-

мов. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам - двойная, трем парам - тройная и т. д. (рис. 9.1).

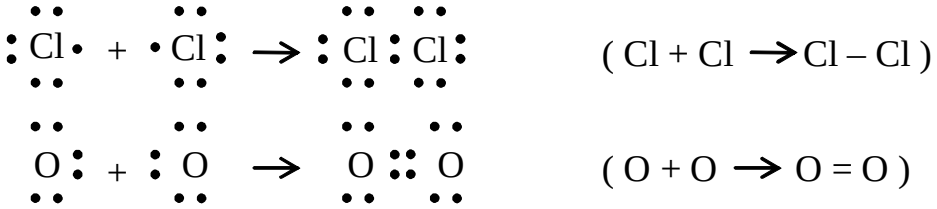



Рис. 9.1. Схема химической связи по Г.Н. Льюису.
Связь образуется за счет общих электронных пар. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам – двойная и т.д.

Теория Льюиса позволила объяснить структуру большого количества соединений как неорганических, так и органических, ионных и ковалентных, полярных и неполярных. Но оставалось неясным, почему именно пары электронов обладают свойством образовывать химическую связь. Ответ на этот вопрос был получен лишь после того, как к объяснению и количественной трактовке химической связи была приложена квантовая теория.

Используя уравнения квантовой механики, расчетным путем удалось определить, как изменяется потенциальная энергия системы из двух атомов водорода по мере их сближения (рис. 9.2). Было установлено, что если электроны двух взаимодействующих атомов водорода имеют параллельные спины, то сближение этих атомов приводит к постепенному увеличению потенциальной энергии системы и росту сил отталкивания; химическая связь в этом случае не возникает. Если же электроны взаимодействующих атомов имеют разноименные спины (нижняя кривая), то по мере уменьшения расстояния между атомами и нарастании сил химической связи потенциальная энергия убывает, на некотором расстоянии она достигает минимума, что далее приводит к образованию молекулы $H_2$. Дальнейшее сближение атомов связано с

преодолением электростатических сил отталкивания между одноименно заряженными ядрами и требует больших затрат энергии.

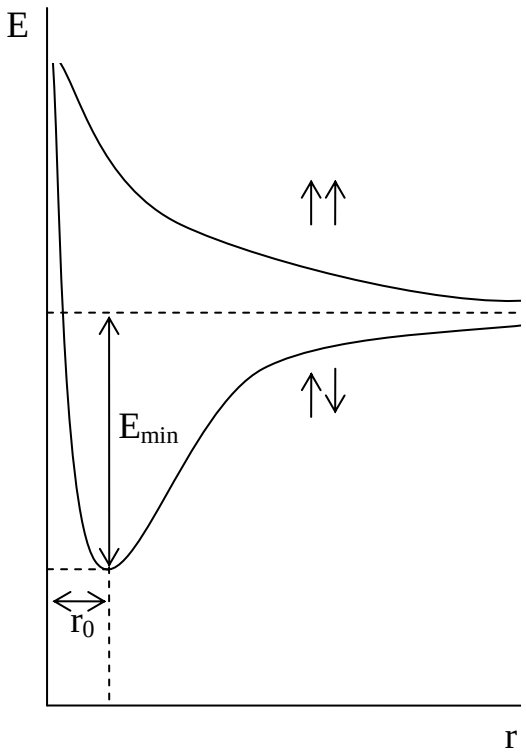



Рис. 9.2. Зависимость потенциальной энергии системы из двух атомов водорода от расстояния между ними

С точки зрения волновых представлений электронные облака взаимодействующих атомов как бы втягиваются друг в друга и в пространстве между ядрами возникает повышенная плотность электронного облака, количественно определяемая квадратом волновой функции $\psi$. Таким образом, положительно заряженные ядра связываются этим плотным облаком отрицательно заряженных электронов.

Если к системе из двух атомов водорода, образовавших молекулу $H_2$, присоединять третий, то химической связи не возникнет, поскольку спин у электрона этого атома будет параллелен спину какого-либо из уже имеющихся в молекуле водорода электронов.

Используя рассмотренный подход, квантовая механика пришла к теоретическому обоснованию особой роли пар электронов в образовании химической связи и к объяснению причин ее насыщаемости.

В 30-х годах XX в. для описания и квантово-механической трактовки химических связей в молекулах было предложено два упрощенных полуэмпирических метода: метод валентных связей (ВС), предложенный Л. Полингом и Д. Слэйтером, и метод молекулярных орбиталей (МО), разработанный Ф. Гундом, Э. Хюккелем и Р. Малликеном.

## 9.2. МЕТОД ВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ

В основе метода ВС, называемого иногда также методом электронных пар, лежат следующие исходные положения.

1. Химическую связь образуют два электрона с антипараллельными спинами, принадлежащие двум атомам. При этом происходит перекрывание электронных облаков, между атомами возникает зона с повышенной электронной плотностью, что и приводит к образованию химической связи. Возникшая таким образом химическая связь называется ковалентной.

2. Валентность элемента равна числу неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне атома этого элемента в нормальном и возбужденном состояниях.

3. Ковалентная связь тем прочнее, чем больше перекрываются облака связующих электронов. Из двух орбиталей атома наиболее прочную связь образует та, которая сильнее перекрывается с орбиталью другого атома.

4. Химическая связь располагается в том направлении, в котором достигается наибольшее перекрывание валентных орбиталей.

Более подробно рассмотрим второе положение, с помощью которого можно прогнозировать валентность различных элементов. С точки зрения этого положения в свободных атомах элементов не все электроны, обычно

считающиеся валентными (в простейшем случае - электроны внешнего уровня), являются неспаренными: часть из них образует неподеленные пары электронов, каждая из которых целиком заполняет энергетическую ячейку. Склонность таких электронов к образованию химической связи невелика.

Рассмотрим, например, атом углерода. На внешнем уровне у него 4 электрона, из которых два ($2s^2$) в нормальном невозбужденном состоянии атома являются спаренными, а два других ($2p^2$) в соответствии с правилом Гунда занимают отдельные свободные ячейки 2p - подуровня и являются неспаренными, способными к взаимодействию с неспаренными электронами других атомов. Таким образом, валентность атома углерода, находящегося в невозбужденном состоянии, равна двум.

При получении атомом углерода небольшого количества дополнительной энергии он переходит в возбужденное состояние, при котором все электроны внешнего уровня стремятся разместиться в свободных энергетических ячейках этого уровня по одному:

Такой возбужденный атом углерода может образовать 4 химические связи (по числу неспаренных электронов) и проявить наиболее характерную для него валентность, равную четырем.

Относительно небольшое количество энергии, затраченное на возбуждение атома углерода, разъединение его двух 2s - электронов и перемещение одного из них в свободную ячейку 2p - подуровня с избытком покрывается энергией, которая выделяется при образовании четырех ковалентных связей.

Следовательно, анализируя возможную валентность какого-либо эле-

мента, необходимо учитывать как число неспаренных электронов в невозбужденном состоянии, так и число неспаренных электронов, которое будет иметь атом в возбужденном состоянии после распределения электронов внешнего уровня по свободным энергетическим ячейкам этого уровня.

Однако вначале необходимо определить пределы возбуждения атома. Обычно под возбужденным состоянием атома подразумевают такое состояние, в которое он переходит при получении энергии, достаточной для перераспределения внешних электронов по энергетическим ячейкам всех подуровней данного внешнего уровня, без их перехода на более высокие энергетические уровни. Переход электрона с одного энергетического уровня на другой, более высокий, требует больших затрат энергии, чем те, которые обычно имеют в виду, когда говорят об энергии возбуждения атома.

Попробуем на основании метода валентных связей (ВС) предсказать, какой валентностью будут обладать элементы второго и третьего периодов периодической системы Д. М. Менделеева в нормальном и возбужденном состояниях.

На внешнем уровне атомов элементов второго периода по четыре энергетические ячейки: одна 2s и три 2p ячейки. Так, один внешний электрон невозбужденного атома лития находится в 2s ячейке. При возбуждении он может перейти в какую - либо из трех ячеек 2p - подуровня, но валентность атома при этом не изменится: он и в нормальном, и в возбужденном состояниях будет оставаться одновалентным по количеству неспаренных электронов на внешнем уровне.

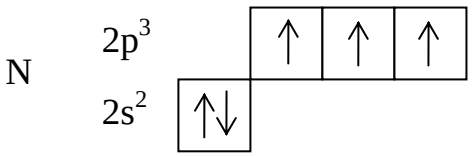
Два внешних электрона невозбужденного атома бериллия образуют на 2s - подуровне неподеленную пару электронов. При возбуждении эта пара распадается и каждый из электронов занимает отдельную энергетическую ячейку 2s- и 2p- подуровня. Валентность возбужденного атома соответственно числу неспаренных электронов становится равной 2. Эту валентность обычно и проявляет бериллий в соединениях.

Атом бора в невозбужденном состоянии имеет неподеленную пару

электронов на 2s - подуровне и неспаренный электрон на 2p - подуровне, т.е. бор должен быть одновалентен; $B_4C$ – пример соединения, в котором бор проявляет такую валентность. После возбуждения атома бора на его внешнем уровне появляется 3 неспаренных электрона, определяющие его валентность, равную трем.

Атом углерода в процессе возбуждения переходит в конфигурацию с четырьмя неспаренными электронами во внешнем уровне. Заметим, что на внешнем энергетическом уровне этого атома как раз столько ячеек, сколько необходимо для распределения по одному четырех внешних электронов. Больше свободных ячеек на этом уровне нет. Эти обстоятельства ставят атом азота (порядковый номер 7) в иные условия, чем атомы предшествующих ему элементов второго периода.

У атома азота в невозбужденном состоянии имеется неподеленная пара электронов на 2s- подуровне и три неспаренных электрона в трех ячейках 2p - подуровня:




В этом состоянии он трехвалентен, например, $NH_3$, $NCl_3$ и др. Возбуждение атома азота с разделением неподеленных пар невозможно: на втором энергетическом уровне нет для этого свободных ячеек. При любых переходах внешних электронов в процессе возбуждения из одной энергетической ячейки в другую число неспаренных электронов будет оставаться одним и тем же, равным трем.

Атом кислорода в невозбужденном состоянии на внешнем уровне имеет две неподеленные пары электронов и два неспаренных электрона. Возбудить атом так, чтобы спаренные электроны оказались неспаренными и заняли отдельные энергетические ячейки, не представляется возможным. Поэтому

кислород практически во всех случаях двухвалентен. По этим же причинам неизвестно ни одного соединения фтора, в котором последний имел бы валентность выше единицы. У атома неона все энергетические ячейки внешнего уровня полностью укомплектованы неподеленными парами электронов и неспаренных электронов у него нет ни в нормальном состоянии, ни в случае поглощения небольших количеств энергии. Этим и объясняется свойственная неону химическая инертность.

Обратимся к атомам элементов третьего периода. Атомы этих элементов имеют на внешнем уровне, помимо одной s - ячейки и трех p - ячеек, еще 5 энергетических ячеек d - подуровня. Для четырех первых представителей (Na, Mg, A1, Si) на основании метода валентных связей можно прогнозировать те же самые валентности в нормальном и возбужденном состояниях атома, как и для соответствующих элементов 2-го периода (Li, Be, B, C). Однако далее картина существенно изменяется.

У атома фосфора в нормальном состоянии три неспаренных электрона и он, как и азот, обнаруживает валентность, равную трем, во многих соединениях ($PH_3$, $PC1_3$, $P_2O_3$ и др.). Но, благодаря наличию на внешнем уровне свободных энергетических ячеек 3d - подуровня, становится возможным возбуждение. В результате на внешнем уровне появляется пять неспаренных электронов, и становится возможным образование соединений типа $PF_5$, $PC1_5$, $P_2O_5$, $H_3PO_4$ и др.

В невозбужденном атоме серы на внешнем уровне 2 неспаренных электрона и в таком состоянии сера двухвалентна ($H_2S$, $SCl_2$, $CS_2$ и т. д.). При ступенчатом возбуждении атом серы может образовать конфигурацию из 4 и 6 неспаренных электронов. Известны соединения, в которых сера четырехвалентна ($SCl_4$, $SO_2$, $H_2SO_3$ и др.) и шестивалентна ($SF_6$, $SO_3$, $H_2SO_4$ и др.).

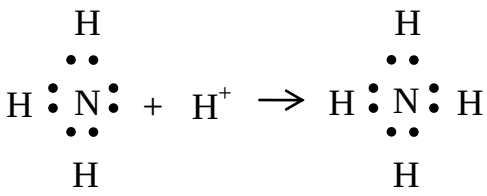
В нормальном состоянии на внешнем уровне атома аргона 4 неподеленные пары электронов и нет ни одного неспаренного. Этому соответствует значительная химическая инертность аргона. Теоретически не исключена возможность образования аргоном соединений, в которых он обнаруживал бы

валентность II, IV, VI и даже VIII. Отметим, что для инертных газов с большим порядковым номером - криптона, ксенона и радона такие соединения синтезированы.

## 9.3. ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Выше рассматривался механизм образования ковалентной химической связи, при котором две атомные орбитали, принадлежащие различным атомам, перекрывают друг друга и за счет этого достигается выигрыш энергии. Такой механизм образования связи обычно называют обменным. Но возможен и механизм, при котором связующая пара электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов, называемым донором, в то время как второй атом - акцептор, воспринимает эту пару, предоставляя для ее размещения свободную орбиталь. Эта неподеленная пара электронов создает в промежутке между ядрами атомов зону повышенной плотности электронного облака, что и вызывает возникновение химической связи.

Например, свободная неподеленная пара электронов молекулы аммиака (донор), взаимодействуя со свободной орбиталью $H^+$ иона (акцептор), образует ион аммония $NH_4^+$:



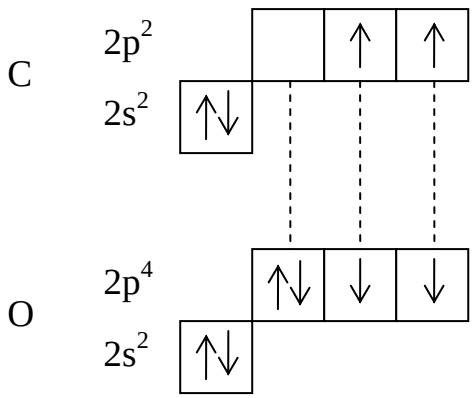
Механизм образования ковалентной химической связи, при котором пара связующих электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов (донором) и воспринимается вторым атомом (акцептором), имеющим свободную орбиталь, называется донорно - акцепторным, а сама

химическая связь – донорно - акцепторной.

Обычно смещение связующей пары электронов от атома - донора к атому - акцептору приводит к образованию полярной молекулы, у которой положительный полюс находится у атома - донора, а отрицательный - у атома - акцептора. В связи с этим донорно - акцепторную связь обозначают стрелкой соответствующего направления, хотя какой-либо разницы между ковалентной связью, возникшей по донорно - акцепторному механизму и ковалентной связью, образовавшейся по обменному механизму, нет.

Так, в молекуле оксида углерода (II) не две химические связи, как это можно было бы предположить, исходя из того, что кислород двухвалентен, а три. Третья связь возникает по донорно - акцепторному механизму: C≡O.

В невозбужденном атоме углерода два неспаренных электрона ($2p^2$) могут дать две обычные ковалентные связи (по обменному механизму) с атомом кислорода, у которого также два неспаренных электрона. В атоме кислорода на 2p - подуровне есть неподеленная пара электронов, а в атоме углерода на таком же 2p - подуровне - свободная орбиталь. Таким образом, имеется возможность для образования еще одной химической связи по донорно - акцепторному механизму:




## 9.4. СВОЙСТВА КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Важнейшими свойствами ковалентной связи являются **насыщаемость, направленность и поляризуемость.**

Под насыщаемостью ковалентной связи подразумевают, что атом данного химического элемента может образовать не произвольное, а строго определенное количество химических связей, ограниченное его максимальной валентностью. В простейшем случае, например, при образовании молекулы $H_2$ из двух атомов водорода, насыщаемость химической связи обусловлена тем, что связь возникает, когда электроны взаимодействующих атомов имеют антипараллельные спины. Добавление третьего атома уже невозможно, так как спин его электрона будет параллелен спину одного из электронов молекулы $H_2$.

Максимальная валентность лимитируется также количеством валентных атомных орбиталей. Это количество, в свою очередь, зависит от количества квантовых ячеек на внешнем энергетическом уровне атома.

Так, у элементов второго периода валентность не превышает 4, хотя количество электронов на внешнем уровне атомов данных элементов варьирует от 1 до 8. Объясняется это тем, что число квантовых ячеек на внешнем уровне, в которых могли бы разместиться неспаренные электроны, т. е. число валентных орбиталей у элементов второго периода, не превышает 4 (одна s - орбиталь и три p - орбитали).

У атомов элементов третьего периода на внешнем уровне 9 квантовых ячеек (одна s-, три p-, пять d- орбиталей) и в них могут разместиться по одному все внешние электроны, даже у атома аргона. Валентность для элементов этого периода варьирует от 1 до 8.

Направленность ковалентной химической связи обусловлена сложной конфигурацией атомных p, d и f - орбиталей, степень перекрытия которых атомными орбиталями других атомов существенно зависит от того, по какому направлению идет присоединение каждого нового атома.

Взаимное расположение p - орбиталей, имеющих форму гантели, вдоль условных осей x, y и z определяется тремя возможными для p - электронов

значениями магнитного квантового числа $m_e$ (-1, 0, 1). Наибольшее перекрывание электронных облаков при образовании химических связей за счет p - электронов достигÅется вдоль осей орбиталей и, если у атома было образовано три связи, то в идеальном случае они должны располагаться под углом 90°. Однако из-за электростатического взаимодействия угол несколько иной.

Для d- электронов возможны 5 значений магнитного квантового числа и этому соответствуют 5 вариантов взаимного расположения d- орбиталей и образуемых ими химических связей. Типичные формы f- орбиталей, допускающие 7 вариантов их взаимного расположения, в пространстве еще сложнее.

Таким образом, направленность химической связи обусловлена тем, что для p-, d- и f- орбиталей существуют строго ограниченные квантовыми условиями (значениями $m_e$) варианты их взаимного расположения в пространстве. Ситуация упрощается, если ковалентная связь данного атома с другими осуществляется за счет его валентной s - орбитали, форма которой отвечает шаровой симметрии. Такой атом может образовывать одинаково прочные химические связи в любом направлении, поскольку все направления равнозначны.

Ковалентную связь, образованную за счет взаимного перекрывания атомных орбиталей вдоль линии, соединяющих центры взаимодействующих атомов называют **σ** (сигма) **– связью** (рис. 9.3).

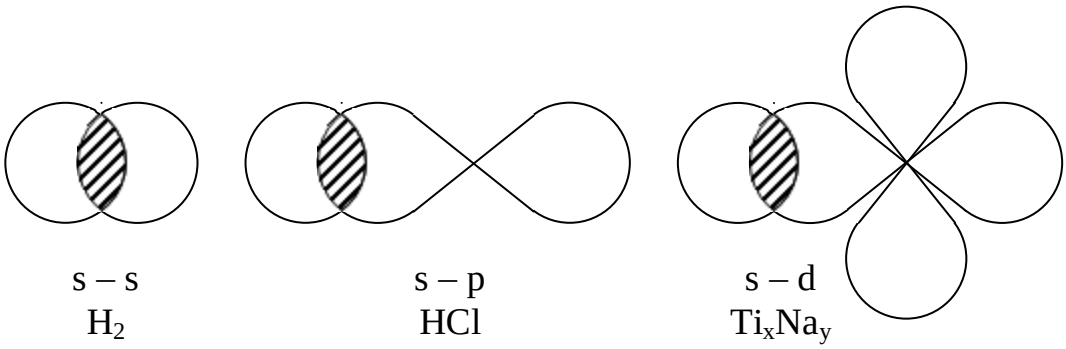
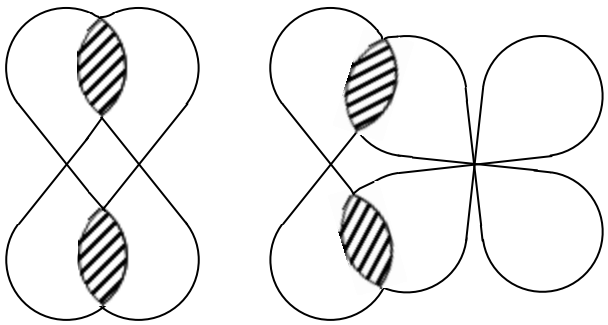



Рис. 9.3. Схема образования σ - связи

Ковалентную связь, образованную за счет двукратного взаимного перекрывания атомных орбителей перпендикулярно линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов, называется **π (**пи) **- связью** (рис. 9.4).

Более прочные σ - связи, т.к. выделение энергии при их образовании больше, чем при образовании π - связей.



p – p
N ≡ N

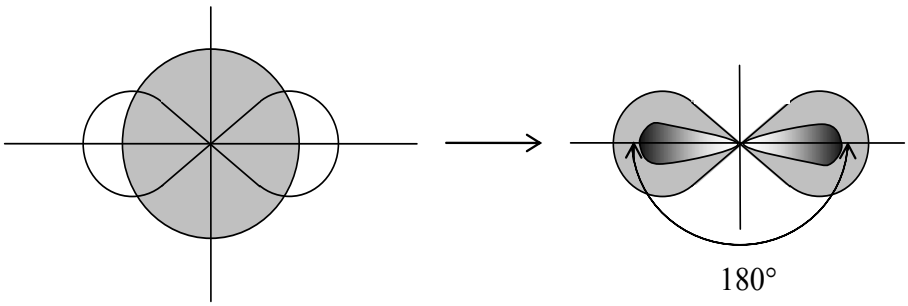
p – d
$Fe_xSi_y$

Рис. 9.4. Схема образования π - связи

**Гибридизация и гибридные связи.** Рассмотрим в качестве примера образование молекул $BeCl_2$, $BCl_3$ и $CCl_4$ при взаимодействии атомов трех первых элементов второго периода с атомами хлора.

Атом бериллия двухвалентен, так как в возбужденном состоянии он имеет на внешнем уровне два неспаренных электрона. Несмотря на различную энергию 2s и 2p - орбиталей, установлено, что обе связи Be-Cl в молекуле $BeC1_2$ совершенно равноценны, а атомы хлора расположены строго симметрично относительно атома бериллия. Объяснение этого факта заключается в том, что когда атом образует химические связи за счет разных электронов, отличающихся по энергетическому состоянию, между ними происходит перераспределение электронной плотности. В результате образуются новые по форме, но одинаковые для всех валентных электронов электронные орбитали.

Соответствующие атому в его исходном невозбужденном состоянии атомные орбитали вырождаются. При этом, например, из шаровидной s - орбитали и гантелевидной p - орбитали получается гибрид, представляющий более плотную и вытянутую орбиталь (рис. 9.5).




Одна s- и одна p- орбитали атома бериллия

Две sp- гибридные орбитали атома бериллия

Рис. 9.5. Схема гибридизации s- и p - орбиталей атома бериллия

Процесс образования новых по форме и распределению электронной плотности орбиталей называется **гибридизацией.** Гибридизация сама по себе требует затрат энергии. Однако последующее химическое взаимодействие приводит к выигрышу энергии. Это обусловлено тем, что более плотная и растянутая гибридная орбиталь данного атома будет больше перекрываться валентными орбиталями взаимодействующих с ним атомов и образующаяся связь будет прочнее.

Молекула $BeCl_2$ симметрична потому, что две связи атома бериллия с атомами хлора образованы двумя совершенно одинаковыми гибридными орбиталями. В этом случае речь идет о sp - гибридизации и образовании двух гибридных sp - орбиталей (рис. 9.6).

Атом бора трехвалентен, так как в возбужденном состоянии на его внешнем уровне три неспаренных электрона, из которых один - 2s- электрон, а

два - 2р- электроны.

Как и в случае с $BeCl_2$, в молекуле $BC1_3$ все образуемые связи B-C1 одинаковы по длине и прочности, а сама молекула имеет правильную треугольную форму. Правильная треугольная форма молекулы $BC1_3$ объясняется возникновением у атома бора трех одинаковых гибридных $sp^2$ - орбиталей, образованных из одной 2s - орбитали и двух 2р – орбиталей (рис. 9.7).

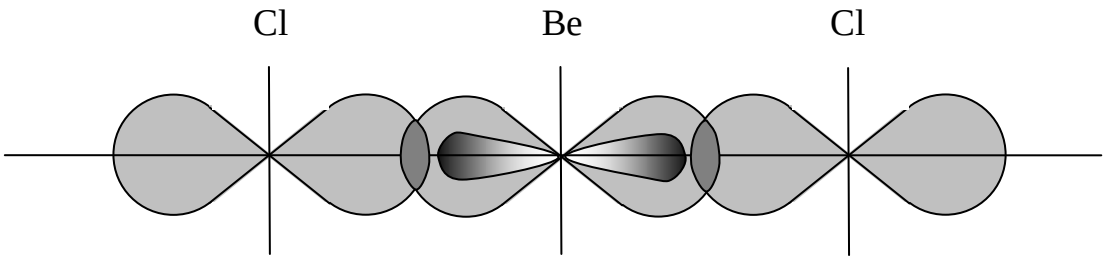



Рис. 9.6. Схема образования химических связей в молекуле $BeCl_2$

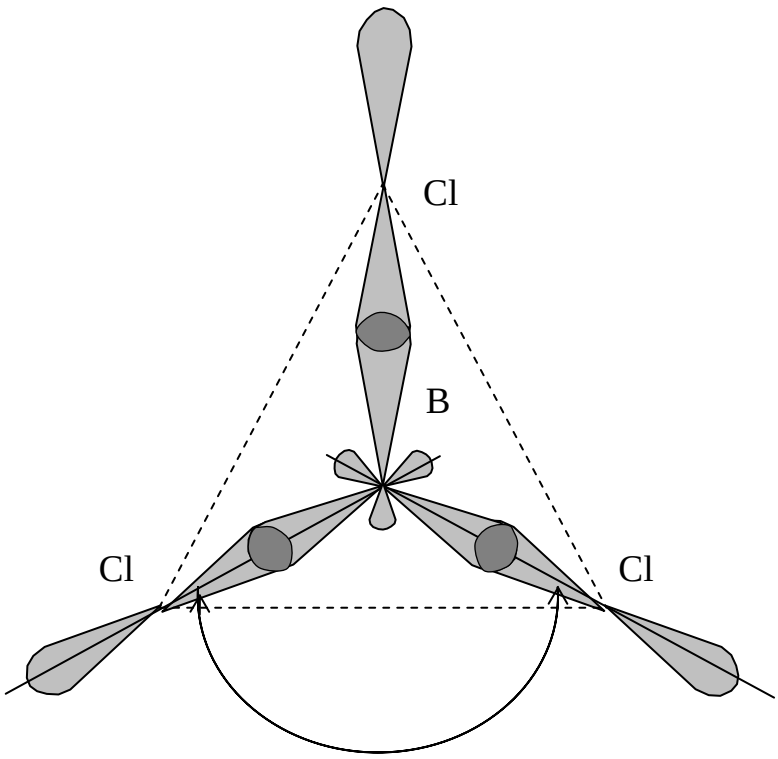


Рис. 9.7. Схема образования химических связей в молекуле $BCl_3$

У атома углерода в возбужденном состоянии 4 валентные орбитали, из которых одна - 2s- и три другие - 2p - орбитали (см. схему выше). В молекуле $CC1_4$ все связи C-C1 также совершенно равноценны, и она имеет симметричную тетраэдрическую структуру.

В случае $sp^2$ - гибридизации угол между гибридными орбиталями составляет 120°. Четыре совершенно равноценные связи в молекуле $CCl_4$, расположенные под углом $109^o28'$ (тетраэдрический угол), - следствие $sp^3$ - гибридизации в атоме углерода при взаимодействии с атомами хлора. Из одной 2s - орбитали и трех 2p - орбиталей образовалось четыре идентичные $sp^3$ - орбитали, взаимно ориентированные под углом $109^o 28'$.

Следует подчеркнуть, что не всегда все гибридные орбитали, возникшие в результате sp, $sp^2$, $sp^3$ и других более сложных видов гибридизации, участвуют в образовании химической связи. О том, что гибридизация того или иного типа произошла, судят прежде всего по величине угла между образованными химическими связями. Если угол близок к 120°, это свидетельствует о $sp^2$ - гибридизации; если он близок к тетраэдрическому ($109^o28'$), имеет место $sp^3$ - гибридизация и т. д.

Так, при образовании молекулы воды происходит $sp^3$ - гибридизация, поскольку угол между двумя связями O-H ($104^o 28'$) ближе всего к тетраэдрическому. Атом кислорода может образовать 4 химические связи: две из них - за счет двух неспаренных 2p - электронов и две - за счет готовых электронных пар, расположенных в 2s- и 2p - ячейках, по донорно - акцепторному механизму. Гибридизация четырех орбиталей по $sp^3$ типу является причиной взаимной ориентировки связей O-H в молекуле $H_2O$ под углом, близким к тетраэдрическому.

Очевидно, $sp^3$ - гибридизация имеет место и при образовании молекулы $NH_3$, поскольку угол H-N-H ($107^020'$) ближе всего к тетраэдрическому. В молекуле аммиака три образовавшиеся гибридные связи оказались занятыми, а

одна осталась свободной.

При взаимодействии двух одинаковых атомов связующая пара электронов (область перекрытия валентных орбиталей) располагается между этими двумя атомами посередине.

В общем случае, когда взаимодействуют два различных атома, связующая пара всегда смещена в сторону атома более электроотрицательного элемента. Это приводит к несовпадению центров положительных и отрицательных зарядов, молекула поляризуется, приобретает структуру диполя.

Полярность молекулы оценивают величиной дипольного момента, представляющего собой произведение расстояния между центрами зарядов на величину электрического заряда. Количественной мерой поляризуемости ковалентной химической связи наряду с дипольным моментом является также эффективный заряд атома.

Рассмотрим случай, когда оба взаимодействующих атома равноценны по своей электроотрицательности. Очевидно, что связующая пара электронов установится точно посередине между атомами. Центры положительных и отрицательных зарядов будут совпадать и оба атома не приобретут никакого заряда. Моделью этого случая могут быть неполярные молекулы $H_2$, $O_2$ и т. д.

Рассмотрим другой случай, когда электроотрицательность одного из взаимодействующих атомов больше, чем электроотрицательность другого. Тогда последний будет иметь положительный эффективный заряд.

Чем больше значение эффективного заряда атома приближается к целочисленному (1, 2, 3 и т. д.), т.е. чем более выражено смещение валентных электронов к ядру одного из взаимодействующих атомов, тем больше связь в молекуле данного соединения приближается к чисто ионной.

Чем меньше это значение, тем более ковалентна химическая связь. В соответствии со значениями эффективных зарядов атомов можно сказать, что, например, в молекуле HI связь на 5 % ионная и на 95 % ковалентная.

Полного смещения связующих пар электронов от более электроположительного к более отрицательному элементу и образования чисто ионной

связи практически никогда не наблюдается. Даже при взаимодействии атома франция (самого электроположительного из известных элементов) с атомом фтора (самым электроотрицательным из элементов) эффективные заряды атомов в образованной молекуле равны не +1 и -1, а лишь +0,94 и -0,94, т. е. и в этом случае связь на 6 % остается ковалентной.

Ионная связь должна рассматриваться как предельный случай ковалентной связи, что практически полностью никогда не реализуется.

## 9.5. МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

Далеко не все факты образования химической связи могут быть объяснены с позиций метода ВС, в котором решающая роль в образовании химической связи отводится паре электронов с антипараллельными спинами. Например, в молекулярном ионе водорода $H_2^+$ только один электрон, и нет никаких условий для образования неподеленной пары электронов и возникновения химической связи. Между тем связь между ядрами водорода в молекулярном ионе $H_2^+$ довольно прочна и составляет около 259 кДж/моль. Для сравнения: энергия связи атомов в молекуле $H_2$ равна 435 кДж/моль.

Можно было бы ожидать, что существует прочная молекула гелия $He_2$. В действительности двухатомной молекулы $He_2$ не существует. Эти факты, не находящие объяснения и рамках метода валентных связей (ВС), удалось объяснить, опираясь на метод молекулярных орбиталей (МО). Метод МО более универсален и позволяет объяснить более широкий круг явлений, чем метод ВС.

В методе МО вся молекула рассматривается как единый ядерный каркас, пронизанный орбиталями, общими для всей молекулы электронов. Когда из двух или нескольких атомов образуется молекула, атомные орбитали связующих электронов перекрывают друг друга и вырождаются в молекулярные орбитали, охватывающие ядра всех атомов, входящих в состав молекулы. В

отношении молекулярных орбиталей применимы понятия квантовых чисел, принципы наименьшей энергии и запрета Паули, правило Гунда.

При сближении двух или нескольких взаимодействующих атомов орбитали их связующих электронов взаимодействуют друг с другом и с силовыми полями ядер. В результате взаимодействия орбитали деформируются и вырождаются в совершенно иную по конфигурации молекулярную орбиталь. Волновая функция Ψ, характеризующая распределение электронной плотности молекулярной орбитали, может быть рассчитана как линейная комбинация волновых функций соответствующих атомных орбиталей. В зависимости от квантовых характеристик электронов, образующих связь, волновые функции двух взаимодействующих атомов могут либо складываться, либо вычитаться. Молекулярная орбиталь, полученная сложением волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется связывающей, а находящиеся на ней электроны - связывающими. Молекулярная орбиталь, полученная вычитанием волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется разрыхляющей, а находящиеся на ней электроны - разрыхляющими. Связывающие электроны непосредственно участвуют в образовании химической связи, в то время как разрыхляющие электроны дестабилизируют ее.

Все это может быть выражено следующей энергетической схемой, в которой атомные и молекулярные орбитали представлены как энергетические ячейки (клетки) с соответствующими обозначениями.

Клетки, обозначающие связывающие молекулярные орбитали, располагаются ниже, чем клетки, обозначающие исходные атомные орбитали, а разрыхляющие молекулярные орбитали, отвечающие более высокому уровню энергии системы, выше.

В методе ВС кратность химической связи определяется числом пар электронов, участвующих в ее образовании. В методе МО кратность связи равна полусумме числа электронов, поступивших на связывающие орбитали,

минус полусумма числа электронов, поступивших на разрыхляющие орбитали. Величина этой разности и, соответственно, кратность связи может выражаться как целым, так и дробным числом. Чем больше избыток связывающих электронов в сравнении с числом разрыхляющих, тем выше кратность и прочность химической связи, тем меньше межатомное расстояние в молекуле. Если число связывающих электронов равно числу разрыхляющих, химической связи в данной системе атомов не возникает.

Рассмотрим энергетическую схему образования молекулы водорода, представленную на рис. 9.8. При образовании молекулы водорода из двух изолированных атомов оба s - электрона этих атомов поступают на связывающую молекулярную орбиталь, отвечающую σ - связи, и на разрыхляющей орбитали не оказывается ни одного электрона. Кратность связи равна единице.

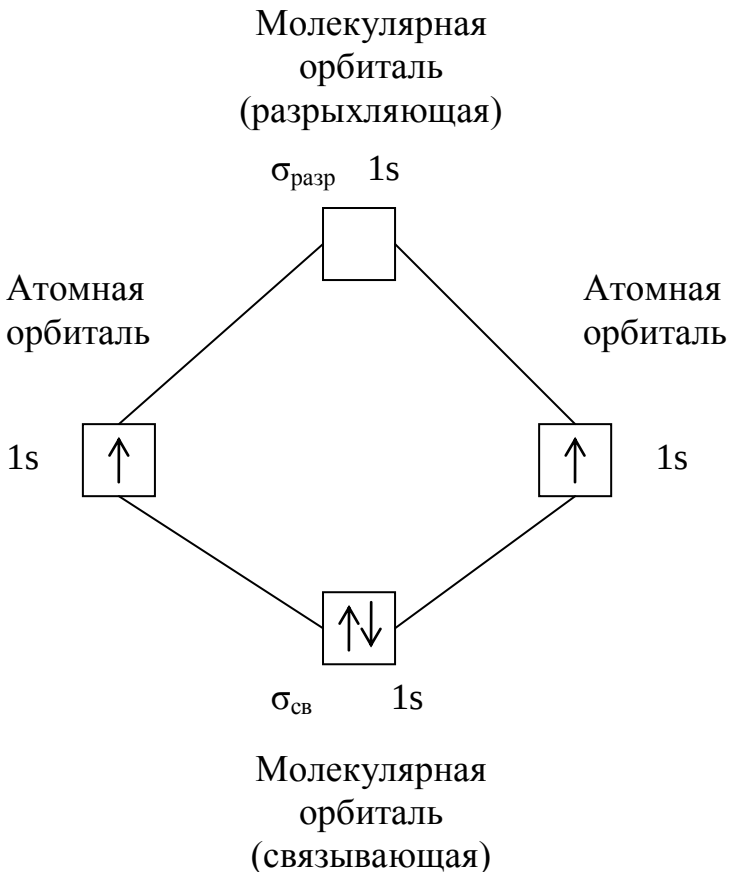



Рис. 9.8. Энергетическая схема образования молекулы водорода

В случае молекулярного кислорода, каждый из атомов кислорода, образующих молекулу $O_2$, вносит по 4 электрона внешнего p - подуровня, которые могут образовать две π - связи и одну σ - связь. Шесть из этих восьми электронов поступают прежде всего на связывающие орбитали, а оставшиеся два - на разрыхляющие. С точки зрения принципа запрета Паули возможно размещение этих двух электронов на одной разрыхляющей орбитали, если они обладают антипараллельными спинами. Здесь необходимо учесть еще и правило Гунда: поскольку свободны все три разрыхляющие молекулярные орбитали, энергетически более выгодно разместить каждый из этих электронов в отдельной энергетической ячейке - на отдельной разрыхляющей орбитали. Поэтому в молекуле $O_2$ оказывается два неспаренных электрона.

## 9.6. МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

Свойства веществ определяются не только природой атомов и характером химической связи между ними. Имеет важное значение и величина межмолекулярного взаимодействия, называемого также силами Ван-дер-Ваальса. Этими силами определяется, в каком агрегатном состоянии (твердом, жидком или газообразном) находится данное вещество, как велики расстояния между образующими его частицами (молекулами, атомами, ионами), какова степень свободы этих частиц, в каких соотношениях находится средняя потенциальная энергия частиц, характеризующая их связь, и средняя кинетическая энергия этих же частиц. Различают три вида межмолекулярного взаимодействия: ориентационное (дипольное), индукционное (деформационное) и дисперсионное.

Ориентационное (дипольное) взаимодействие вызывает притяжение

полярных молекул, которое проявляется тем больше, чем больше дипольный момент молекул μ. Сущность его заключается в том, что две полярные молекулы А и В ориентируются таким образом, что возникает притяжение между разноименно заряженными полюсами. Так как тепловое движение нарушает взаимную ориентацию полярных молекул, повышение температуры ослабляет ориентационное взаимодействие. Если взаимодействуют неполярные молекулы ($\mu = 0$), ориентационный эффект отсутствует.

Индукционное (деформационное) взаимодействие проявляется особенно заметно, когда одна из взаимодействующих молекул полярна, а вторая неполярна, но легко поляризуема (деформируемая). В этом случае электрическое поле полярной молекулы может вызывать смещение зарядов в неполярной молекуле и индуцировать новый диполь, ориентированный своим положительным полюсом к отрицательному полюсу полярной молекулы. Индукционное взаимодействие мало меняется с температурой, оно нередко сопутствует ориентационному и дополняет его. Электрические поля ориентированных полярных молекул могут вызывать дополнительное смешение центров тяжести зарядов и тем самым усиливать дипольное взаимодействие.

При взаимодействии неполярных молекул или атомов с трудно деформируемой электронной оболочкой не может возникнуть ни ориентационного, ни индукционного взаимодействия. В том случае, если бы силы Ван-дер-Ваальса были обусловлены только этими двумя эффектами, такие газы, как водород, кислород, азот, а тем более благородные газы практически было бы невозможно сжижать. Однако на практике это удается сделать.

Межмолекулярное взаимодействие между совершенно неполярными молекулами обусловлено главным образом дисперсионным эффектом. Сущность эффекта состоит в том, что в процессе движения электронов в молекулах или атомах могут происходить быстрые смещения центров тяжести положительных и отрицательных зарядов с образованием мгновенных диполей. Дипольный момент, возникающий у одной молекулы, может индуцировать

поляризацию другой молекулы. В итоге между поляризованными молекулами возникает притяжение, как и в случае деформационного взаимодействия.

Дисперсионное взаимодействие обычно является существенной составляющей в общей величине межмолекулярного взаимодействия. Ориентационный эффект играет большую роль при взаимодействии полярных молекул с большими дипольными моментами ($H_2O$, $NH_3$, HC1); индукционный эффект чаще всего лишь незначительно влияет на суммарную величину сил Ван-дер-Ваальса.

Межмолекулярные силы играют большую роль при переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое, например, при сжижении газов. С ними в большей или меньшей мере связаны такие физико-химические свойства вещества как плотность, температура кипения (конденсации), температура плавления (кристаллизации), вязкость, поверхностное натяжение, коэффициент диффузии и т. д.

Водородная связь представляет особый тип взаимодействия, ведущий к образованию как межмолекулярных связей, так и связей между атомами в молекулах. Она занимает промежуточное положение между чисто химической связью и физической межмолекулярной.

В качестве связующего мостика при осуществлении водородной связи выступает атом водорода, находящийся в соединении с атомом какого-либо более электроотрицательного элемента (фтора, кислорода, азота, хлора, серы). Малый по размерам ион водорода, вокруг которого отсутствуют отрицательные электрические поля электронов, может легко вторгаться в электронные оболочки других ионов или атомов, не испытывая с их стороны заметного отталкивания. Оказавшись между атомами сильно электроотрицательных элементов, он может выполнять роль связующего звена. Эта дополнительная химическая связь, обозначаемая обычно пунктиром, получила название водородной связи.

Энергия водородной связи сравнительно невелика (от 8 до 40 кДж/моль). Тем не менее, эта связь играет важную роль при образовании

водных и многих неводных растворов, в процессах электролитической диссоциации кислот и оснований, в построении сложных структур белковых веществ и во многих других случаях.

Наличие водородной связи в молекулах того или иного вещества может быть установлено многими физическими методами (рентгеноструктурный анализ, инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс и др.), а также на основе сравнения свойств данного вещества со свойствами химически подобных ему веществ.

Так, экстраполируя изменения в ряду галогеноводородов HI - HBr - HCl температур плавления (-50,8; -86,9 и -114,2 °С), температур кипения (-35,4; -66,8 и -85,08 °С) и теплот испарения (19,76; 17,61 и 16,15 кДж/моль), можно было бы установить соответствующие значения для HF, во всяком случае ниже -114,2 °С; -85,08 °С и 16,15 кДж/моль. Однако в действительности это -83,36 °С ; +19,52 °С и 32,6 кДж/моль. В дополнение к типичной ковалентной связи здесь действует еще и водородная связь, вызывающая ассоциацию молекул HF.

В структуре льда каждый атом кислорода имеет 4 направленные к атомам водорода связи, расположенные почти точно под тетраэдрическим углом (109,5 °С). Две из этих связей - обычные полярные ковалентные связи с длиной 0,099 нм, а две другие - водородные с длиной 0,176 нм. При плавлении льда происходит частичное разрушение водородных связей, в связи с чем вместо увеличения объема вначале происходит его уменьшение. Этим же объясняются и другие аномалии в изменении свойств воды при переходе ее из твердого состояния в жидкое (аномально высокие значения теплоты плавления и теплоемкости и др.).

## 9.7. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 9.7.1. Составление формул комплексных соединений

В химии известны сложные по составу вещества, образование которых происходит при взаимодействии более простых частиц – молекул, атомов и ионов. Такие сложные соединения, состоящие из более простых, часто относят к комплексным соединениям. Согласно современным воззрениям в структуре молекул комплексных соединений (называемых также координационными соединениями) различают:

1) **комплексообразователь** – центральная частица (атом, ион) вокруг которой расположены тесно связанные с ней **лиганды -** электронейтральные молекулы или несущие определенный заряд ионы. Комплесообразователь и лиганды составляют **внутреннюю координационную сферу** комплексного соединения. Количество лигандов во внутренней сфере определяет **координационное число** комплексного соединения. В том случае, если суммарный заряд внутренней сферы не равен нулю, при составлении химической фомулы ее заключают в квадратные скобки;

2) **внешнюю координационную сферу -** совокупность частиц, непосредственно не связанных с центральным атомом и находящихся за пределами внутренней координационной сферы.

Например: $K_4[Fe(CN)_6]$. В данном комплексном соединении комплексообразователем является ион $Fe^{2+}$, лигандами – ионы $CN^-$, координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Fe(CN)_6]^{4-}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы $K^+$.

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$. В этом соединении комплексообразователем является ион $Co^{3+}$, лигандами – молекулы $NH_3$, координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы $Cl^-$.

Известны комплексные соединения без внешней координационной сферы, состоящие только из центрального атома - комплексообразователя и окружающих его лигандов. Таковы, например, карбонилы никеля $Ni(CO)_4$ и

железа $Fe(CO)_5$.

Установлено, что наибольшей способностью к комплексообразованию обладают следующие частицы:

1) атомы с малым радиусом в высшей положительной степени окисления (например, $B^{3+}$, $Al^{3+}$, $Si^{4+}$);

2) ионы металлов, имеющие внешнюю 18-ти электронную оболочку (например, $Ag^{+}$, $Zn^{2+}$, $Hg^{2+}$);

3) нейтральные атомы d - элементов (например, $Fe^0$, $Co^0$, $Ni^0$).

Отметим, что ионы металлов большого размера с внешней 8-ми электронной оболочкой и малым зарядом обладают слабыми комплексообразующими свойствами. Это ионы щелочных и щелочноземельных металлов. Как правило, они располагаются во внешней сфере комплексного соединения.

В качестве лигандов в комплексных соединениях чаще всего присутствуют отрицательно заряженные ионы ($F^-$, $Cl^-$, $I^-$, $OH^-$, $NO^{2-}$, $CN^-$, $SCN^-$) либо полярные или легко поляризуемые молекулы ($NH_3$, $H_2O$, CO).

Комплексообразователь обычно имеет свободные орбитали, а лиганды - неподеленные пары электронов. Если вакантные орбитали комплексообразователя и заполненные орбитали лигандов могут перекрываться, то между ними образуется ковалентная связь за счет неподеленной пары электронов лиганда. При этом наиболее распространенными значениями координационных чисел являются 2 (для комплексообразователя с зарядом +1), 4 или 6 (для комплексообразователя с зарядом +2) и 6 (для комплексообразователя с зарядом +3).

Зная частицы, образующие комплексное соединение, можно составить его химическую формулу. Например, запишем формулу комплексного соединения, состоящего из ионов $K^+$, $Cr^{3+}$ и $NO_2^-$. Первый шаг - выбор комплексообразователя. В данном случае комплексообразователем будет служить ион d - металла $Cr^{3+}$ (ионы щелочных металлов, к которым относится ион $K^+$, располагаются во внешней сфере). Второй шаг - определение лигандов

и координационного числа. В качестве лигандов в комплексном соединении чаще всего выступают отрицательно заряженные ионы, в нашем случае - $NO_2^-$. Заряд комплексообразователя равен 3, следовательно, наиболее вероятное значение координационного числа будет равно 6. С учетом электронейтральности образуемого соединения формула комплексного соединения запишется следующим образом $K_3[Cr(NO_2)_6]$.

### 9.7.2. Поведение комплексных соединений в водных растворах

Химическая связь между внутренней и внешней сферами комплексного соединения является электростатической, а между комплексообразователем и лигандами, как правило, донорно - акцепторной, причем лиганды являются донорами электронных пар, а центральные атомы - акцепторами этих пар.

Ионы внешней сферы комплексного соединения подвижны и вступают в обменные реакции:

$$K_4[Fe(CN)_6] + 2CuSO_4 = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow + 2K_2SO_4,$$
$$2Cu^{2+} + [Fe(CN)_6]^{4-} = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow;$$

$$[Co(NH_3)_6]I_3 + 3AgNO_3 = [Co(NH_3)_6](NO_3)_3 + 3AgI\downarrow,$$
$$I^- + Ag^+ = AgI\downarrow.$$

Следует иметь в виду, что хотя лиганды, входящие в состав внутренней координационной сферы, связаны с комплексообразователем гораздо более прочными связями, чем ионы внешней сферы, все же прочность этих связей ограничена.

Количественно способность комплексного иона к диссоциации в растворе (устойчивость комплекса) характеризуется величиной **константы**

**нестойкости**. Ее можно получить, применив закон действующих масс к равновесию диссоциации комплексного иона.

Рассмотрим, например, раствор, содержащий комплексные ионы $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, которые создают некоторую равновесную концентрацию ионов меди и молекул аммиака:

$$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4NH_3.$$

Константа нестойкости в этом случае приобретает вид:

$$К_н = \frac{C(Cu^{2+}) \cdot C^4(NH_3)}{C([Cu(NH_3)_4]^{2+})}.$$

Константа нестойкости характеризует устойчивость комплекса, зависящую от прочности связи между нейтральным атомом и лигандами. Чем меньше значение константы нестойкости комплексного иона, тем он более прочен и устойчив в водном растворе.

Так, приливание щелочи к растворам солей $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ и $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ приведет к образованию осадка гидроксида меди только в одном случае.

Комплексная соль $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ диссоциирует в водном растворе на комплексный ион и внешнюю сферу:

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4 = [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}.$$

Комплексный ион $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ достаточно прочен, равновесной концентрации ионов $Cu^{2+}$, образующихся при его частичной диссоциации, недостаточно для протекания реакции образования осадка гидроксида меди:

$$[Cu(NH_3)_4]^{2+} + OH^- \neq.$$

Соль $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ не является комплексной и в водном растворе диссоциирует на все составляющие ее частицы:

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O = Cu^{2+} + SO_4^{2-} + 5\ H_2O.$$

Наличие в растворе несвязанных ионов $Cu^{2+}$ обеспечивает образование осадка при добавлении щелочи:

$$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow.$$

Существуют комплексные соединения, константа нестойкости для которых так велика, что они практически полностью распадаются в водных растворах на все составляющие их частицы. Например, железоаммониевые квасцы $(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ не образуют устойчивый комплексный ион. В разбавленном водном растворе это соединение полностью диссоциирует на все составляющие его ионы:

$$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 = 2NH_4^+ + 2Fe^{3+} + 4SO_4^{2-}.$$

Подобные соединения с малоустойчивой внутренней сферой получили название двойных солей. В концентрированных водных растворах двойные соли наряду с простыми ионами содержат и комплексные ионы. Это свидетельствует о том, что резкой границы между комплексными и двойными солями нет. Двойная соль отличается от комплексной лишь степенью диссоциации комплексного иона: у двойной она практически полная, у комплексной - незначительная.

Отметим важное практическое значение комплексообразования для

промышленного извлечения золота из отвалов обогатительных фабрик. Соответствующий процесс реализуется при выщелачивании золота цианидными растворами. Золото – химически инертный металл, перевести его в водный раствор достаточно трудно. Однако это удается осуществить при орошении золотосодержащих отвалов цианидным раствором. Происходящий процесс комплексообразования уменьшает окислительно-восстановительный потенциал золота и металл окисляется кислородом воздуха, переходя при этом в растворимое соединение:

$$4Au + O_2 + 8NaCN = 4Na[Au(CN)_2] + 4NaOH.$$

$$Au - 1e^- = Au^+ \quad | 4$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^- \quad | 1$$

Из цианидного раствора золото вытесняют более активным металлом:

$$2Na[Au(CN)_2] + Zn = Na_2[Zn(CN)_4] + 2Au.$$

$$Au^+ + 1e^- = Au \quad | 2$$

$$Zn - 2e^- = Zn^{2+} \quad | 1$$

## 9.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Обозначая электроны точками, приведите льюисовы символы атомов следующих элементов: Ca, Se, Br, B.

2. Предскажите химическую формулу соединения, образуемого следующими парами элементов: а) Zn и O, б) K и Se, в) Al и S, г) Zn и F, д) Sr и Br.

3. Приведите валентную структуру следующих молекул: $SiH_4$, $H_2S$, CO, $N_2$, $H_2O$, $CS_2$.

4. Укажите, к какому типу (ионному или ковалентному) принадлежат

следующие вещества: $NH_3$, $Br_2$, $Cl_2O$, $BaCl_2$, FeO.

5. Определите, какие гибридные орбитали используются атомом углерода для образования химических связей в следующих соединениях: а) $CH_4$, б) $C_2H_6$, в) $C_2H_2$, г) $H_2CO_3$.

6. Поясните, что понимают под термином «перекрывание» атомных орбиталей.

7. Как могут перекрываться две атомарные р – орбитали при образовании молекулярной орбитали σ - или π - типа? Приведите соответствующий рисунок.

8. Почему связывающая молекулярная орбиталь, образованная атомными орбиталями двух взаимодействующих атомов, имеет более низкую энергию, чем исходные атомные орбитали?

9. Объясните, почему удаление электрона из молекулы $O_2$ делает связь в ней более прочной, тогда как удаление электрона из молекулы $N_2$ ослабляет в ней связь.

10. Назовите различия между следующими понятиями: а) локализованные и делокализованные связи, б) гибридные и негибридные орбитали, в) σ- и π - молекулярные орбитали.

11. Напишите уравнение диссоциации комплексной соли, заключив внутреннюю сферу в квадратные скобки: $Cr(SCN)_3 \cdot 5NH_3$.

12. Запишите выражение для константы нестойкости следующего комплексного соединения: $[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2$.

13. В растворе какой соли образуется осадок при добавлении щелочи: $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$ или $HgF_2 \cdot 2H_2O$?

14. Напишите уравнения реакций ионного обмена, в результате которых образуются нерастворимые комплексные соединения: $K_4[Fe(CN)_6] + CuSO_4$; $CoCl_2 + (NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$.

# Глава 10
# ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

## 10.1. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Во многих химических реакциях происходит изменение степени окисления атомов или ионов, образующих молекулы взаимодействующих веществ. Такие реакции относят к окислительно – восстановительным.

Степень окисления атома в химическом соединении - это условный заряд, которым обладал бы этот атом при полном смещении электронов, образующих химическую связь, к более электроотрицательному из взаимодействующих атомов.

Степень окисления атомов одного элемента в разных соединениях может быть различной. Когда химическая связь образована одинаковыми атомами, как, например, в молекуле $H_2$, электроны распределяются между ними без преимущественного смещения к одному из них. Поэтому степень окисления каждого атома водорода в молекуле $H_2$ равна нулю.

Для определения степени окисления необходимо исходить из следующих положений:

1. Степень окисления атомов простых веществ равна нулю. Так, в $H_2$, $Cl_2$, $N_2$, Al, Fe степень окисления атомов равна нулю, поскольку преимущественного смещения электронов, участвующих в образовании связи, не происходит.

2. В химических соединениях более электроотрицательным элементам приписывают отрицательные степени окисления, а менее электроотрицательным - положительные. Абсолютная величина степени окисления при-

близительно соответствует валентности элемента, или числу электронных пар, обобществляемых в связях, которые образует атом.

Например, водород в химических соединениях имеет степень окисления +1. Так, в HCl водороду приписывается степень окисления +1, а хлору степень окисления -1. Для водорода возможна отрицательная степень окисления -1, когда он связан с менее электроотрицательным элементом, как, например, в гидридах щелочных металлов NaH, LiH и т.п.

3. В любой молекуле сумма положительных и отрицательных степеней окисления всех атомов равна нулю. Например, в $CO_2$ кислороду приписывается степень окисления -2, поскольку он более электроотрицательный элемент. Следовательно, углероду нужно приписать степень окисления +4.

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева позволяет найти закономерности, с помощью которых можно определять степени окисления элементов. Степени окисления элементов испытывают периодические изменения. Все щелочные металлы (главная подгруппа первой группы элементов) имеют в соединениях степень окисления +1. Эти металлы образуют химические связи с другими элементами, теряя один электрон. Элементы второй группы в химических соединениях находятся в состоянии окисления +2. В третьей группе наиболее часто встречающийся в природе элемент алюминий в соединениях всегда проявляет степень окисления +3.

Наиболее электроотрицательный элемент фтор проявляет степень окисления -1. Другие неметаллы имеют отрицательные степени окисления во всех случаях, когда они связаны с менее электроотрицательным элементом. Кислород всегда встречается в состоянии окисления -2 (исключения - фторид кислорода $OF_2$ и перекись водорода $H_2O_2$. В первом из этих соединений степень окисления кислорода +2, во втором, как и в других пероксидах, -1).

При обсуждении окислительно - восстановительных реакций принято считать вещество, понижающее степень окисления образующих его частиц, окислителем. Окислитель обладает повышенным сродством к электрону. Поскольку окислитель присоединяет электроны, он восстанавливается, т.е.

уменьшает свою степень окисления.

Аналогично вещество, которое отдает электроны, т.е. повышает степень окисления образующих его атомов или ионов, называется восстановителем.

### 10.1.1. Составление уравнений методом окислительно - восстановительных полуреакций

В окислительно - восстановительных реакциях процессы окисления и восстановления происходят совместно: если одно вещество присоединяет электроны и тем самым восстанавливается, то другое вещество должно отдавать электроны и, следовательно, окисляться. Окисление и восстановление идут одновременно, один из этих процессов не может происходить без другого. Тем не менее удобно рассматривать каждый из них отдельно.

Например, реакцию окисления иона $Fe^{2+}$ ионом $Ce^{4+}$:

$$Fe^{2+} + Ce^{4+} = Fe^{3+} + Ce^{3+}$$

можно представить как совокупность двух процессов. Один из них – окисление $Fe^{2+}$, другой - восстановление $Ce^{4+}$ :

(окисление) $Fe^{2+} - 1e^{-} = Fe^{3+}$ , $Fe^{2+}$ - восстановитель;

(восстановление) $Ce^{4+} + 1e^{-} = Ce^{3+}$ , $Ce^{4+}$ - окислитель.

Такие уравнения, описывающие только окисление или только восстановление, называются полуреакциями. Число электронов, теряемое в процессе окисления, т. е. в полуреакции окисления, должно быть равно числу электронов, приобретаемых в полуреакции восстановления. Если это условие выполнено, при суммировании полуреакций может быть получено стехиометрически сбалансированное уравнение окислительно - восстановительной

реакции.

На практике для уравнивания окислительно - восстановительных реакций применяется несколько методов, различающихся уровнем сложности и количеством дополнительно подбираемых стехиометрических коэффициентов. Более часто применяется так называемый ионно - электронный метод или метод полуреакций. Суть метода заключается в том, что окислитель, восстановитель, среду реакции и продукты взаимодействия записывают в виде ионов, если они - сильные электролиты. Процессы окисления и восстановления при этом рассматривают в виде полуреакций.

В качестве примера составим уравнение реакции между перманганатом калия и сульфитом натрия, протекающей в кислой среде:

$$KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Na_2SO_4 + K_2SO_4 + H_2O. \qquad (10.1)$$

Для расстановки коэффициентов в уравнении реакции (10.1), выполним следующие действия. Сначала запишем в виде схемы две полуреакции, в одной из которых участвует окислитель, а в другой - восстановитель:

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} \quad (MnO_4^- \text{ - окислитель}),$$
$$SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} \quad (SO_3^{2-} \text{ - восстановитель}).$$

Затем уравняем по отдельности каждую полуреакцию. Причем сначала уравняем число атомов, подвергающихся окислению или восстановлению, затем остальные элементы и, наконец, заряды. Если реакция проводится в кислом водном растворе, к реагентам добавляют ионы $H^+$ и молекулы $H_2O$, чтобы уравнять число атомов водорода и кислорода. Аналогично, для реакции в щелочной среде, при составлении полных полуреакций прибавляют $OH^-$ и $H_2O$. Соответствующее правило отражено в таблице (10.1).

В полуреакции для перманганат – иона в обеих частях уравнения есть по одному атому марганца. Однако в левой части содержатся четыре атома

кислорода, тогда как в правой части нет ни одного. Чтобы уравнять четыре атома кислорода, содержащиеся в $MnO_4^-$ , следует ввести в число продуктов четыре молекулы $H_2O$:

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O.$$

*Таблица 10.1*

**Добавление и связывание ионов кислорода при составлении полуреакций окисления – восстановления**

| Характер среды | Добавление ионов $O^{2-}$ | Связывание ионов $O^{2-}$ |
|---|---|---|
| кислая | $H_2O = O^{2-} + 2H^+$ | $O^{2-} + 2H^+ = H_2O$ |
| нейтральная | $H_2O = O^{2-} + 2H^+$ | $O^{2-} + H_2O = 2OH^-$ |
| щелочная | $2OH^- = O^{2-} + H_2O$ | $O^{2-} + H_2O = 2OH^-$ |

Для того чтобы уравнять восемь атомов водорода, которые появились после предыдущей операции среди продуктов, добавим к исходным реагентам $8H^+$:

$$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O. \qquad (10.2)$$

На этой стадии в обеих частях полуреакции (10.2) содержится равное число атомов каждого элемента, но необходимо уравнять и заряды. Суммарный заряд реагентов в левой части составляет +8 + (-1) = +7, заряд продуктов равен +2 + 4·(0) = +2. Чтобы уравнять заряды, к левой части полуреакции (10.2) надо добавить пять электронов:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O.$$

Выполнив аналогичные действия для сульфит - иона, придем к следу-

ющей полуреакции окисления:

$$SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+.$$

На последней стадии уравнение каждой полуреакции умножают на такой множитель, чтобы число электронов, присоединяемое в одной полуреакции, совпало с числом электронов, отдаваемых в другой полуреакции. Затем полуреакции суммируют и получают сбалансированное уравнение полной реакции.

В рассматриваемом примере полуреакцию с перманганат - ионом следует умножить на 2, а полуреакцию с сульфит - ионом умножить на 5. Полное сбалансированное уравнение представляет собой сумму полуреакций:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2 \quad \left| \times 2 \right.$$
$$SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \quad \left| \times 5 \right.$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5SO_3^{2-} + 5H_2O \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5SO_4^{2-} + 10H^+.$$

После сокращения в левой и правой части суммарного уравнения ионов водорода и молекул воды получим:

$$2MnO_4^- + 6H^+ + 5SO_3^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 3H_2O.$$

Теперь запишем полное уравнение окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме:

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5Na_2SO_3 = 2MnSO_4 + 5Na_2SO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O.$$

Отметим, что уравнение составлено верно, если число атомов каждого химического элемента в левой и правой части уравнения совпадает.

Метод полуреакций - не единственный метод уравнивания окисли-

тельно – восстановительных взаимодействий. Отметим другой распространенный метод, называемый методом электронного баланса. В качестве примера рассмотрим ту же реакцию перманганата калия с сульфитом натрия в кислой среде.

Для уравнивания реакции методом электронного баланса, поступают следующим образом:

1. Определяют степень окисления каждого элемента в обеих частях уравнения для выяснения, какие элементы подвергаются окислению и восстановлению. В рассматриваемом примере степень окисления марганца изменяется от +7 в $MnO_4^-$ до +2 в $Mn^{2+}$, а степень окисления серы изменяется от +4 в $SO_3^{2-}$ до +6 в $SO_4^{2-}$.

2. Определяют изменение степени окисления каждого элемента при окислении или восстановлении. Эти изменения представляют в виде схемы:

$$Mn^{7+} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+},$$
$$S^{4+} - 2e^- \rightarrow S^{6+}.$$

3. С учетом установленных изменений степеней окисления, уравнивают число электронов, отдаваемых ионом $S^{4+}$ (восстановитель), и число электронов, присоединяемых ионом $Mn^{7+}$ (окислитель):

$$\begin{array}{l} Mn^{7+} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} \quad \left| \times 2, \right. \\ S^{4+} - 2e^- \rightarrow S^{6+} \quad \left| \times 5, \right. \end{array}$$
$$2Mn^{7+} + 5S^{4+} \rightarrow 2Mn^{2+} + 5S^{6+}.$$

4. После определения коэффициентов для окислителя и восстановителя, методом подбора уравнивают число атомов остальных элементов.

В рассмотренном примере итоговое уравнение реакции идентично тому, что было получено методом полуреакций (ионно – электронным методом).

Однако метод полуреакций менее трудоемок в плане дополнительного уравнивания ионов, сохраняющих степень окисления, и, кроме этого, позволяет подбирать среду реакции, если она заранее не известна.

Отметим, если в каждой из окислительно - восстановительных пар (в каждой из полуреакций) переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют комплементарной, если неодинаковое - некомплементарной.

**Комплементарная реакция**:

$$2CeO_2 + 2FeSO_4 + 4H_2SO_4 = Ce_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O.$$

$$Fe^{2+} - 1e^- \rightarrow Fe^{3+},$$

$$Ce^{4+} + 1e^- \rightarrow Ce^{3+}.$$

**Некомплементарная реакция:**

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8H_2O.$$

$$2Fe^{2+} - 2e^- \rightarrow 2Fe^{3+},$$

$$Mn^{7+} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}.$$

Некомплементарные окислительно - восстановительные реакции обычно медленнее комплементарных, так как в случае некомплементарного взаимодействия механизм реакции более сложный, связанный с образованием промежуточных соединений.

Те реакции, в которых окисленная и восстановленная формы отличаются только числом электронов, проходят быстро. Медленно протекают окислительно - восстановительные реакции, в которых перенос электронов осуществляется атомами или группами атомов и сопровождается их перегруппировкой, например, реакции с участием перманганат ($MnO_4^-$) или бихромат ($Cr_2O_7^{2-}$) - ионов. Некоторые реакции по этой причине практически не идут, например, реакция с участием пары $ClO_4^-/Cl^-$, так как скорость ее чрез-

вычайно мала из - за необходимости разрушить устойчивую структуру иона $ClO_4^-$.

## 10.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Любой контакт поверхности металла с раствором электролита сопровождается распределением зарядов в виде двойного электрического слоя. При этом возникающая разность потенциалов на границе металл - электролит определяется следующими процессами:

1) ионизация металла с образованием положительных ионов и свободных электронов («электронный газ»):

$$Me^0 \leftrightarrow Me^{z+} + ze^-. \qquad (10.3)$$

Данный процесс обусловлен особым строением кристаллической решетки металла, в узлах которой расположены катионы, находящиеся в равновесии со свободными электронами внешних электронных оболочек;

2) сольватация катионов при взаимодействии с молекулами L растворителя:

$$Me^{z+} + nL \leftrightarrow [MeL_n]^{z+}. \qquad (10.4)$$

Суммарный процесс можно представить следующей реакцией:

$$Me^{z+} + nL \leftrightarrow [MeL_n]^{z+} + ze^-. \qquad (10.5)$$

Каждому из процессов (10.3) и (10.4) соответствует свой тепловой эффект. Так, диссоциация протекает с поглощением энергии $U_d$, а сольватация с выделением $U_{solv}$. Поэтому соотношение $U_d$/ $U_{solv}$ фактически определяет направление результирующего процесса (10.5). Например, когда $U_{solv} > U_d$,

происходит переход катионов металла в раствор.

Переход катионов в раствор характерен для активных металлов, например, для Zn, Cd, Fe. При этом раствор около поверхности металла приобретает избыточный положительный заряд, а поверхность металла - отрицательный; на границе металл – раствор возникает скачок потенциала. По мере увеличения концентрации катионов в растворе у поверхности металла выход ионов из металла уменьшается, а процесс их обратной адсорбции из раствора, наоборот, интенсифицируется. При равенстве скоростей этих процессов устанавливается динамическое равновесие.

Сольватированные (гидратированные – в случае водных растворов) катионы металла в растворе и оставшиеся в кристаллической решетке электроны образуют двойной электрический слой. Изменение потенциала $\varphi$ в этом слое суммарно складывается из скачка потенциала $\psi$ в слое жестко ориентированных катионов у поверхности металла (так называемый адсорбционный слой) и скачка потенциала $\psi'$ в менее упорядоченном размытом слое (так называемый диффузный слой): $\varphi = \psi + \psi'$.

В противоположность рассмотренному случаю, из менее активных металлов, таких как Au, Ag, Cu катионы в раствор практически не переходят. Для этих металлов $U_{solv} < U_d$. Поэтому, если, например, металлическое серебро контактирует с раствором собственной соли, преобладает переход катионов серебра из раствора на поверхность металла. В результате поверхность металла заряжается положительно, а прилегающий к ней раствор – отрицательно.

Отметим существование еще одного механизма образования скачка потенциала. Двойной электрический слой также образуется при контакте инертного металла, например, Pt с раствором, содержащим окисленную или восстановленную форму какого - либо соединения.

Так, ион $Fe^{3+}$ в растворе $FeCl_3$ в отсутствие восстановителей не может проявить окислительной способности. Однако, если в раствор поместить ме-

таллическую платину, то катион $Fe^{3+}$ способен отнять от поверхности металла один электрон и восстановиться до состояния $Fe^{2+}$:

$$FeCl_3 + e^- \leftrightarrow FeCl_2 + Cl^-.$$

В результате поверхность платины приобретает положительный заряд, а прилегающий слой раствора – отрицательный за счет избытка ионов $Cl^-$. Возникающий положительный потенциал на платине будет тем выше, чем больше окислительная способность катиона металла в растворе. В общем случае этот потенциал определяется соотношением концентраций окисленной и восстановленной формы ионов в растворе и характеризует окислительно - восстановительную активность системы, например: $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$/Pt. Такой потенциал называют окислительно - восстановительным потенциалом.

Следует помнить, что во всех рассмотренных выше случаях причиной возникновения скачка потенциала является именно окислительно - восстановительный процесс на поверхности металла, погруженного в раствор электролита. Следовательно, значение этого потенциала также характеризует окислительно - восстановительные свойства системы.

Г. Нернст, изучая потенциалы различных электродных систем, установил, что величина этих потенциалов определяется следующими факторами:

1) природой веществ, составляющих окислительно - восстановительную систему (каждое вещество характеризуется своим значением потенциала);

2) соотношением между активностями (концентрациями) этих веществ;

3) температурой системы.

Соответствующая зависимость выражается уравнением, носящем имя автора - **Г. Нернста**:

$$E_{Ox/Red} = E^0_{Ox/Red} + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{a_{Ox}}{a_{Red}}, \qquad (10.6)$$

где $E^0$ - стандартный электродный потенциал; n - число электронов, принимающих участие в электродном процессе; R - универсальная газовая постоянная; T - температура; F - постоянная Фарадея; $a_{Ox}$, $a_{Red}$ - активности окисленной и восстановленной форм компонентов системы.

Физический смысл величины $E^0$ вытекает из уравнения (10.6): стандартный электродный потенциал – это потенциал системы при активности всех ее компонентов, равных единице. При выполнении данного условия $a_{Ox} = a_{Red} = 1$, получаем $\lg 1 = 0$ и $E = E^0$.

В том случае, если отдельные компоненты системы находятся в твердом состоянии или представляют собой газы, парциальное давление которых составляет одну атмосферу, их можно исключить из уравнения Нернста, т.к. их активности равны единице. Активности остальных компонентов следует возвести в степень, равную соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении окислительно - восстановительной реакции.

Отметим, что на практике для удобства в уравнение Нернста записывают молярные концентрации компонентов, а не их активности. Также часто постоянные величины объединяют в одну константу. Тогда для комнатной температуры (25 $^oC$) уравнение Нернста принимает вид:

$$E_{Ox/Red} = E^0_{Ox/Red} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{Ox}}{C_{Red}}.$$

Рассмотрим в качестве примера общий вид уравнения Нернста для различных систем:

1) $Cu^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Cu^0$.

$$E_{Cu^{2+}/Cu^0} = E^0_{Cu^{2+}/Cu^0} + \frac{0,059}{2} \lg C(Cu^{2+}).$$

2) $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O.$

$$E_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = E^0_{MnO_4^-/Mn^{2+}} + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C(MnO_4^-) \cdot C^8(H^+)}{C(Mn^{2+})}.$$

Часто на ход окислительно - восстановительного процесса оказывает большое влияние характер среды. Иногда влияние среды на ход окислительно - восстановительного процесса так велико, что некоторые реакции могут осуществляться только в кислой или щелочной среде.

От pH среды нередко зависит и количество электронов, присоединяемых молекулой (ионом) окислителя или отдаваемых молекулой (ионом) восстановителя. Так, например, перманганат калия $KMnO_4$ при диссоциации в водных растворах образует ионы $MnO_4^-$. Эти ионы, выступая в роли окислителя, в кислой среде восстанавливаются с образованием иона $Mn^{2+}$, в сильнощелочной - с образованием $MnO_4^{2-}$ - иона, в слабощелочной и нейтральной - с образованием молекул $MnO_2$.

Обычно при анализе окислительно - восстановительного процесса его разбивают на две полуреакции:

1) восстановительную, включающую ион (атом) - восстановитель, вместе со своей окисленной формой;

2) окислительную, включающую ион (атом) - окислитель, вместе со своей восстановленной формой.

Часто полуреакции включают не только атомы, изменяющие свою степень окисления, но и взаимодействующие с ними ионы $H^+$ и $OH^-$ среды. Любая полуреакция, являющаяся в одной окислительно - восстановительной реакции окислительной, может выступить в другой реакции в роли восстановительной.

Для решения вопроса, может ли одна полуреакция по отношению к другой полуреакции выступить в качестве восстановительной или окисли-

тельной, используют таблицу стандартных электродных потенциалов (табл. 10.2).

*Таблица 10.2*

**Значения стандартных электродных потенциалов**

| Окислительно – восстановительная полуреакция | $E^0$, В |
|---|---|
| $Ag^+ + e^- \leftrightarrow Ag$ | +0,799 |
| $Al^{3+} + 3e^- \leftrightarrow Al$ | -1,66 |
| $Ba^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Ba$ | -2,90 |
| $Br_2 + 2e^- \leftrightarrow 2Br^-$ | +1,065 |
| $Ca^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Ca$ | -2,87 |
| $Cd^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Cd$ | -0,403 |
| $Ce^{4+} + e^- \leftrightarrow Ce^{3+}$ | +1,61 |
| $Cl_2 + 2e^- \leftrightarrow 2C1^-$ | +1,359 |
| $Co^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Co$ | -0,277 |
| $Co^{3+} + e^- \leftrightarrow Co^{2+}$ | +1,842 |
| $Cr^{3+} + 3e^- \leftrightarrow Cr$ | -0,74 |
| $Cu^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Cu$ | +0,37 |
| $Fe^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Fe$ | -0,440 |
| $Fe^{3+} + e^- \leftrightarrow Fe^{2+}$ | +0,771 |
| $2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2$ | 0,000 |
| $Hg_2^{2+} + 2e^- \leftrightarrow 2Hg$ | +0,789 |
| $2Hg^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Hg_2^{2+}$ | +0,920 |
| $Hg^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Hg$ | +0,854 |
| $Li^+ + e^- \leftrightarrow LI$ | -3,05 |
| $Mg^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Mg$ | -2,37 |
| $Mn^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Mn$ | -1,18 |
| $Na^+ + e^- \leftrightarrow Na$ | -2,71 |

| | |
|---|---|
| $Ni^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Ni$ | -0,28 |
| $Pb^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Pb$ | -0,126 |
| $Sn^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Sn$ | -0,136 |
| $Zn^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Zn$ | -0,763 |

В таблице 10.2 каждая из окислительно - восстановительных полуреакций охарактеризована величиной стандартного электродного потенциала при 25 °С. Чем больше значение потенциала E°, тем выше окислительная способность. Окисленная форма иона (атома) в полуреакции, имеющей более высокое значение E°, может принимать электроны от восстановленной формы другого иона (атома) из полуреакции, имеющей меньшее значение E°. После перехода электронов окисленная форма иона (атома) в первой полуреакции (высшая степень окисления) превращается в восстановленную форму (низшая степень окисления), а восстановленная форма иона (атома) второй полуреакции - в окисленную. Например, ионы $MnO_4^-$ в кислой среде (E° = 1,51 В) могут служить окислителями для хлорид - ионов $Cl^-$ (E° = 1,36 В), превращая их в молекулы $Cl_2$, переходя при этом в ионы $Mn^{2+}$.

Потенциалы полуреакций указывают, насколько легко окисляются или восстанавливаются соответствующие частицы. Чем более положительна величина E° для полуреакции, тем больше тенденция к протеканию этой полуреакции в том направлении, в котором она записана.

К наиболее распространенным окислителям относятся галогены, кислород и такие анионы, как, например, $MnO_4^-$, $ClO_3^-$ и $NO_3^-$, в которых центральный атом имеет высокую положительную степень окисления. В качестве окислителей иногда также используются ионы металлов с высокими положительными степенями окисления, как, например, $Ce^{4+}$, который легко восстанавливается до $Ce^{3+}$.

В качестве восстановителей часто используются водород $H_2$ и многие металлы. Растворы восстановителей трудно хранить длительное время, поскольку они взаимодействуют с присутствующим в воздухе $O_2$, являющимся хорошим окислителем.

Разность между стандартными потенциалами полуреакций определяет возможность протекания интересующей реакции. Предположим, речь идет об осуществлении окислительно - восстановительного взаимодействия:

окислитель I + восстановитель II = восстановитель I + окислитель II

с известными потенциалами $E^0_{(\text{окислитель I/ восстановитель I})}$ и $E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$.

Решить вопрос о возможности протекания данного взаимодействия можно путем сравнения величины потенциала полуреакции, используемой в качестве окислительной ($E^0_{(\text{окислитель I/ восстановитель I})}$) и потенциала полуреакции, используемой в качестве восстановительной ($E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$). Реакция будет протекать в прямом направлении (слева направо) при большем потенциале первой полуреакции. Если же для первой полуреакции потенциал меньше, предполагаемая реакция не пойдет; принципиально возможной будет обратная реакция.

Например, выясним, в каком направлении будет протекать реакция между диоксидом свинца $PbO_2$ и иодидом калия KI в кислой среде:

$$2KI + PbO_2 + 2H_2SO_4 = I_2 + K_2SO_4 + PbSO_4 + 2H_2O.$$

Для ответа на поставленный вопрос сравним величины соответствующих окислительно – восстановительных потенциалов: $E^0(PbO_2/Pb) = + 1{,}68$ В; $E^0(I_2/2I^-) = + 0{,}53$ В. Первый потенциал больше, следовательно, окислителем будет выступать $PbO_2$, а рассматриваемая реакция будет протекать слева направо.

## 10.3. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В принципе энергию, выделяющуюся в любой самопроизвольной окислительно-восстановительной реакции, можно непосредственно исполь-

зовать для выполнения электрической работы. Это осуществлено в гальваническом элементе, представляющем собой устройство, в котором перенос электронов происходит по внешнему пути, а не непосредственно между реагентами.

Одна из таких самопроизвольных реакций происходит, если кусочек цинка поместить в раствор, содержащий ионы $Cu^{2+}$. При протекании этой реакции голубая окраска раствора, характерная для ионов $Cu^{2+}$, исчезает, и на поверхности цинка начинает осаждаться металлическая медь. Одновременно происходит растворение цинка.

Эти превращения описываются уравнением:

$$Zn_{(тв.)} + Cu^{2+}{}_{(водн.)} = Zn^{2+}{}_{(водн.)} + Cu_{(тв.)}.$$

На рис. 10.1 показан гальванический элемент, в котором используется данная окислительно - восстановительная реакция между Zn и $Cu^{2+}$. На ри-

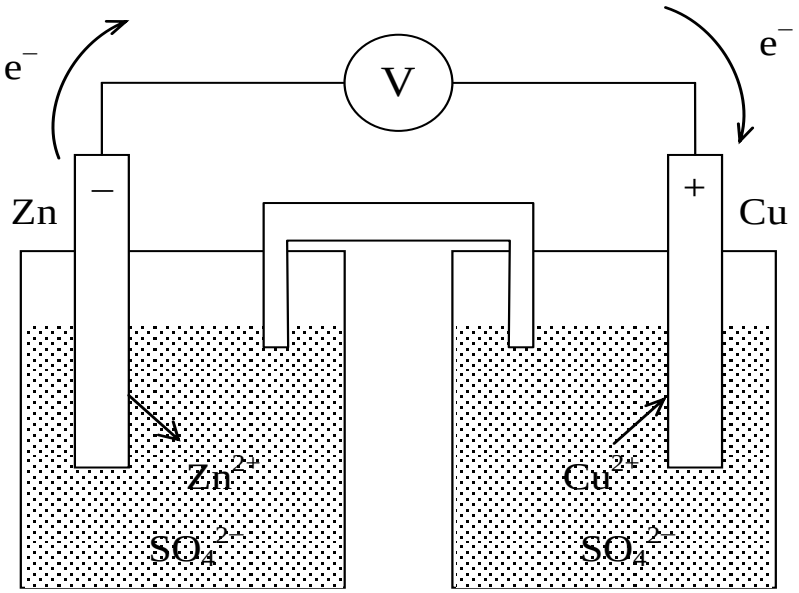



Рис. 10.1. Медно – цинковый гальванический элемент

сунке видно, что металлический цинк и $Cu^{2+}_{(водн.)}$ не находятся в непосредственном контакте друг с другом. Следовательно, $Cu^{2+}$ может восстанавливаться только в результате перетекания электронов по проводнику, соединяющему цинковый и медный электроды (т. е. по внешней цепи).

По определению электрод, на котором происходит окисление, называется анодом, а электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом. Чтобы запомнить эти определения, полезно воспользоваться следующим мнемоническим правилом: слова «окисление» и «анод» начинаются с гласных букв, а «восстановление» и «катод» - с согласных.

В рассматриваемом примере Zn является анодом, а Cu - катодом:

а) на аноде $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$ (окисление),

б) на катоде $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (восстановление).

Гальванический элемент можно рассматривать как устройство, состоящее из двух полуэлементов. Один из них соответствует процессу окисления, а другой - процессу восстановления. При окислении металлического цинка на аноде появляются свободные электроны. Они перемещаются по внешней цепи к катоду, где происходит их поглощение ионами $Cu^{2+}$. Электроны самопроизвольно перемещаются от отрицательного электрода к положительному, следовательно, анод является отрицательным электродом, а катод - положительным.

Во время работы гальванического элемента, изображенного на рис. 10.1, окисление Zn приводит к появлению дополнительных ионов $Zn^{2+}$ в анодном пространстве элемента. Если не провести нейтрализацию их положительного заряда, дальнейшее окисление приостановится. Подобно этому восстановление $Cu^{2+}$ вызывает появление избыточного отрицательного заряда в растворе в катодном пространстве. Избежать накопления избыточных зарядов в приэлектродном пространстве можно, используя «солевой мостик». Солевой мостик представляет собой U - образную трубку, содержащую раствор какого

- либо сильного электролита ($NaNO_3$, $NH_4Cl$), ионы которого не реагируют с другими ионами в гальваническом элементе, а также с материалами, из которых сделаны электроды. Концы U - образной трубки закрывают фильтровальной бумагой, чтобы при перевертывании трубки электролит не вылился из нее.

При протекании на электродах процессов окисления и восстановления ионы из солевого мостика проникают в анодное и катодное пространство гальванического элемента и нейтрализуют избыточные заряды.

### 10.3.1. Электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента

Перемещение электронов по внешней цепи гальванического элемента обусловлено так называемой электродвижущей силой (сокращенно ЭДС) элемента. ЭДС измеряется в единицах электрического напряжения (вольтах) и иначе называется напряжением, или потенциалом, гальванического элемента. Один вольт представляет собой ЭДС, необходимую для того, чтобы заряд в 1 Кл приобрел энергию в 1 Дж: 1В = 1 Дж/Кл.

Точное измерение ЭДС гальванического элемента требует применения специальных приборов. Эти измерения выполняют таким образом, чтобы через гальванический элемент протекал ничтожно малый ток. Если допустить протекание значительного тока, кажущееся напряжение гальванического элемента понижается, так как он обладает внутренним сопротивлением. Кроме этого, вокруг электродов произойдет изменение концентраций ионов, что вызовет изменение электродных потенциалов.

ЭДС, создаваемая гальваническим элементом, обозначается буквой Е. Если гальванический элемент работает при стандартных условиях, то он создает стандартную ЭДС, обозначаемую символом Е°. Напомним, что стандартным условиям соответствуют 1 моль/л концентрация реагентов и продуктов в растворах и давление в 1 атм для газообразных участников реакций.

Медно - цинковый гальванический элемент в стандартных условиях создает ЭДС величиной 1,10 В.

ЭДС любого гальванического элемента зависит от протекающей в нем реакции, от концентраций реагентов и продуктов, от температуры.

Непосредственное измерение потенциалов анода и катода по отдельности невозможно. Однако, если одной полуреакции условно приписать стандартный электродный потенциал, то стандартные потенциалы других полуреакций можно определять относительно этого условного эталона. В качестве такого условного эталона выбрана полуреакция, соответствующая восстановлению ионов $H^+$ с образованием молекул $H_2$. Ей условно приписывается стандартный потенциал, равный 0 В:

$$2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2 \quad E^0 = 0 \text{ В}.$$

Гальванический элемент, в котором протекает реакция, например, между Zn и $H^+$, характеризуется окислительно – восстановительным процессом:

$$Zn + 2H^+ \leftrightarrow Zn^{2+} + H_2.$$

Окисление цинка происходит в анодном, а восстановление $H^+$ - в катодном отделении. В подобном гальваническом элементе работающий при стандартных условиях ($C(H^+) = 1$ моль/л и $p(H_2) = 1$ атм.) стандартный водородный электрод состоит из платиновой проволоки и платиновой фольги, покрытой тонко измельченной платиной – платиновой чернью. Электрод заключен в стеклянную трубку, в которой собирается газообразный водород, выделяющийся над поверхностью платины.

Описанный гальванический элемент создает стандартную ЭДС $E° = 0{,}76$ В. Принимая во внимание потенциал стандартного водородного

электрода ($E^0 = 0$), можно вычислить стандартный потенциал Zn:

$$E^0_{\text{элемента}} = E^0_{\text{катод}} - E^0_{\text{анод}}, \quad 0{,}76\ \text{В} = 0 - E^0_{\text{анод}}.$$

Таким образом, цинку приписывается стандартный потенциал, составляющий - 0,76 В.

Стандартные потенциалы других электродных полуреакций устанавливаются путем измерений ЭДС гальванических элементов аналогичным образом.

Данные об электродных потенциалах приведены в табл. 10.2. Комбинируя между собой соответствующие реакции, можно по их электродным потенциалам вычислять стандартные ЭДС самых разнообразных гальванических элементов.

### 10.3.2. Гальванические элементы, применяемые на практике

Гальванические элементы получили широкое применение как удобные источники энергии, важным достоинством которых является компактность. Для создания гальванического элемента в принципе подходит любая самопроизвольная окислительно - восстановительная реакция. Лабораторные образцы гальванических элементов с солевым мостиком позволяют понять принцип действия электрохимического элемента. Однако они неудобны для практического использования.

Ниже рассмотрено устройство распространенных электрических батарей, применяемых на практике. Электрическая батарея, как правило, представляет собой несколько соединенных друг с другом гальванических элементов. При последовательном соединении нескольких гальванических элементов ЭДС батареи равна сумме ЭДС отдельных элементов.

### *Свинцовая аккумуляторная батарея*

Одним из вариантов широко применяемых гальванических элементов является свинцовая аккумуляторная батарея. Свинцовая аккумуляторная батарея напряжением 12 В, используемая в автомобилях, состоит из шести гальванических элементов, каждый из которых дает напряжение 2 В. Анод такого элемента выполнен из свинца, а катод - из диоксида свинца $PbO_2$, заполняющего металлическую решетку. Оба электрода погружены в серную кислоту. В процессе разрядки батареи в ней протекают электродные реакции:

(анод) $Pb + SO_4^{2-} - 2e^- \rightarrow PbSO_4\downarrow$,

(катод) $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4\downarrow + 2H_2O$,

---

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O. \qquad (10.7)$$

Между Pb и $PbO_2$ не должно быть прямого физического контакта. Чтобы предотвратить соприкосновение электродов, между ними помещают перегородки из стекловолокна. Для повышения силы снимаемого тока в каждом элементе помещено несколько анодных и катодных пластин.

Из уравнения (10.7) видно, что в процессе разряда свинцовой аккумуляторной батареи расходуется серная кислота. Концентрированная серная кислота имеет высокую плотность, но в процессе разрядки батареи плотность электролита уменьшается.

Электролит в свежезаряженной батарее имеет плотность 1,25 - 1,30 г/см$^3$. Если его плотность становится ниже 1,20 г/см$^3$, батарея нуждается в перезарядке. Плотность электролита измеряют с помощью ареометра. Это устройство снабжено поплавком, глубина погружения в жидкость которого зависит от ее плотности.

Для заряда свинцовой аккумуляторной батареи используется внешний источник энергии, позволяющий обращать направление самопроизвольной окислительно - восстановительной реакции (10.7).

Перезарядка возможна благодаря тому, что $PbSO_4$, образующийся во время разряда батареи, не отделяется от электродов. Поэтому при подключении внешнего источника энергии электроны перетекают с одного электрода на другой, а $PbSO_4$ превращается в Pb на одном электроде и в $PbO_2$ на другом, т. е. вновь образуются вещества, имевшиеся в свежезаряженной батарее. При слишком быстрой зарядке батареи возможно разложение воды на $H_2$ и $O_2$. Смесь $H_2$ и $O_2$ взрывоопасна, кроме того, эта вторичная реакция приводит к сокращению срока службы батареи. Выделение газообразных водорода и кислорода приводит к механическому удалению Pb, $PbO_2$ или $PbSO_4$ с поверхности электродов и их накоплению в виде шлама в нижней части батареи. Со временем это может вызвать короткое замыкание в батарее и вывести ее из строя.

### *Сухой элемент*

Разновидность гальванических элементов, называемая сухим элементом, получила широкую известность благодаря тому, что этот элемент используется для питания компактных электрических фонарей, радиоприемников и другой бытовой электронной техники.

В одном из вариантов изготовления сухого элемента анод выполняется в виде цинковой оболочки, наполненной влажной пастой из $MnO_2$, $NH_4Cl$ и угольного порошка. В пасту погружен инертный катод - графитовый стержень. Снаружи сухой элемент имеет декоративную защитную оболочку из картона или полимерного материала. В этом гальваническом элементе протекают следующие электродные реакции:

(анод) $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$,

(катод) $2NH_4^+ + 2MnO_2 + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$.

В другом варианте (щелочном) вместо $NH_4Cl$ используется КОН. Анодная реакция и в этом случае включает окисление Zn, а катодная реакция - восстановление $MnO_2$. Сухой элемент такого типа обладает большей работоспособностью, чем кислый, поскольку в нем не возникает коррозии цинкового анода, имеющей место при взаимодействии металла с $NH_4Cl$ в присутствии влаги. Однако щелочные сухие элементы дороже. В любом варианте сухой элемент дает напряжение около 1,5 В.

### *Щелочной аккумулятор. Никель – кадмиевая батарея*

Поскольку сухие элементы нельзя перезаряжать, их приходится заменять. Поэтому большое распространение получила никель - кадмиевая перезаряжаемая батарея, удобная для применения в различных бытовых приборах, питаемых аккумуляторами, и в переносных электронных устройствах. Анод этой батареи изготавливается из металлического кадмия, катод – из диоксида никеля. В качестве электролита используется щелочь (KOH, LiOH).

При работе батареи протекают следующие электродные реакции:

(анод) $Cd + 2OH^- - 2e^- \rightarrow Cd(OH)_2\downarrow$,

(катод) $NiO_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Ni(OH)_2\downarrow + 2OH^-$.

Как и в свинцовой аккумуляторной батарее, в никель - кадмиевой батарее продукты реакции не отделяются от электродов. Это позволяет легко проводить обратные реакции при перезарядке. Поскольку ни на стадии раз-

ряда, ни на стадии заряда не происходит выделения газов, никель - кадмиевую батарею можно герметизировать, что представляет собой значительное удобство при эксплуатации.

### *Топливный элемент*

Многие вещества могут быть использованы в качестве топлива, так как их взаимодействие с кислородом воздуха сопровождается экзотермическим тепловым эффектом. Получаемую при горении тепловую энергию нередко превращают в электрическую энергию. Поскольку горение представляет собой окислительно - восстановительную реакцию, последнюю можно использовать для прямого получения электрического тока, создав соответствующий гальванический элемент.

Прямое преобразование химической энергии в электрическую имеет большие преимущества по сравнению с обычным способом превращения химической энергии сначала в тепловую и лишь после этого в электрическую. При получении электрической энергии из тепловой последнюю используют для превращения воды в пар. Затем пар приводит в действие турбину, которая вращает генератор. При превращении энергии из одной формы в другую или при ее передаче от одного вещества к другому происходят неизбежные потери энергии. Обычно в электрическую энергию удается превратить не более 40 % энергии, полученной в результате сгорания топлива; остальная часть рассеивается в окружающую среду. Прямое получение электрической энергии из топлива при помощи гальванических элементов обеспечивает более высокий коэффициент преобразования химической энергии топлив в электрическую энергию. Гальванические элементы, в которых реагентами служат способные к горению вещества, называются **топливными элементами.**

Одной из возникающих при разработке топливных элементов проблем является высокая температура, сопровождающая работу большинства подобных элементов. Разработан низкотемпературный топливный элемент, в

котором используется $H_2$, но пока что этот топливный элемент дорог для широкого применения.

В кислородно - водородном топливном элементе протекают следующие электродные реакции:

(анод) $2H_2 + 4OH^- - 4e^- \rightarrow 4H_2O$,

(катод) $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$.

---

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Электроды данного элемента выполнены в виде полых трубок из пористого прессованного угля, пропитанного катализатором; электролитом служит КОН (рис. 10.2). Топливный элемент работает до тех пор, пока не прекращается подача реагентов.

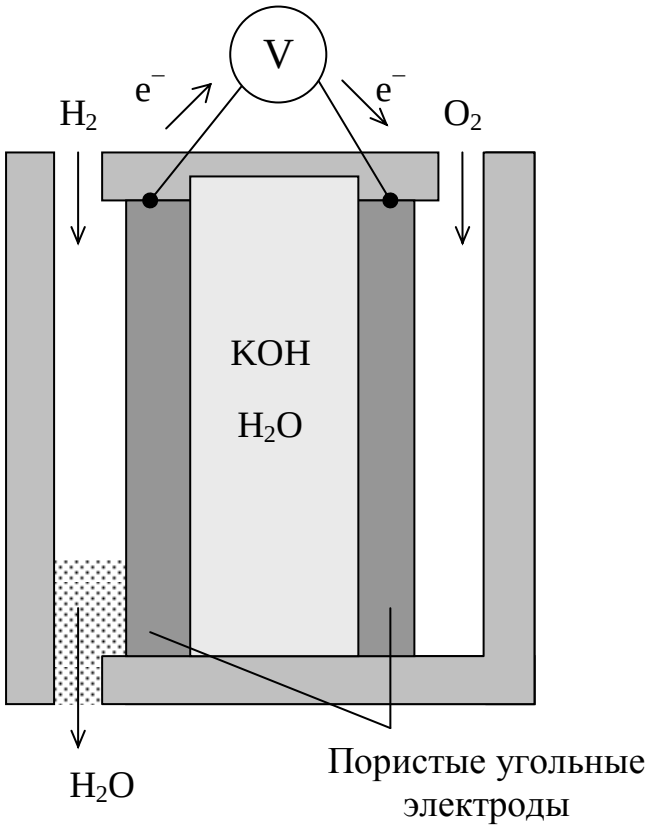



Рис. 10.2. Кислородно - водородный топливный элемент

## 10.4. ЭЛЕКТРОЛИЗ

С помощью гальванических элементов можно использовать самопроизвольные окислительно - восстановительные реакции для получения электрической энергии. С другой стороны, источник электрической энергии позволяет проводить несамопроизвольные окислительно - восстановительные реакции, например, разлагать расплавленный хлорид натрия на составляющие его элементы: $2NaC1 = 2Na + Cl_2$.

Подобные процессы, которые можно осуществить за счет энергии внешнего источника электрического тока, называются реакциями электролиза и проводятся в электролитических ячейках (электролизерах). Электролитическая ячейка состоит из двух электродов, погруженных в расплавленную соль или водный раствор. Электрическую энергию для проведения электролиза получают от внешнего источника постоянного электрического тока.

**Электролиз – это совокупность окислительно - восстановительных процессов, протекающих на электродах под действием внешнего источника постоянного тока.**

При электролизе расплавленного NaC1 ионы $Na^+$ притягиваются и затем присоединяют электроны на отрицательном электроде, восстанавливаясь до металла. Точно так же происходит перемещение ионов $C1^-$ к положительному электроду, где они отдают электроны и окисляются (рис. 10.3)

Как и в гальваническом элементе, электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом, а электрод, на котором происходит окисление, называется анодом. В рассматриваемом случае в электролитической ячейке протекают следующие реакции:

(анод) $2Cl^-$ (расплав) $- 2e^- \rightarrow Cl_2$ (газ),

(катод) $2Na^+$ (расплав) $+ 2e^- \rightarrow 2Na$ (расплав).

$2Na^+$ (расплав) $+ 2Cl^-$ (расплав) $\rightarrow 2Na$ (расплав) $+ Cl_2$ (газ).

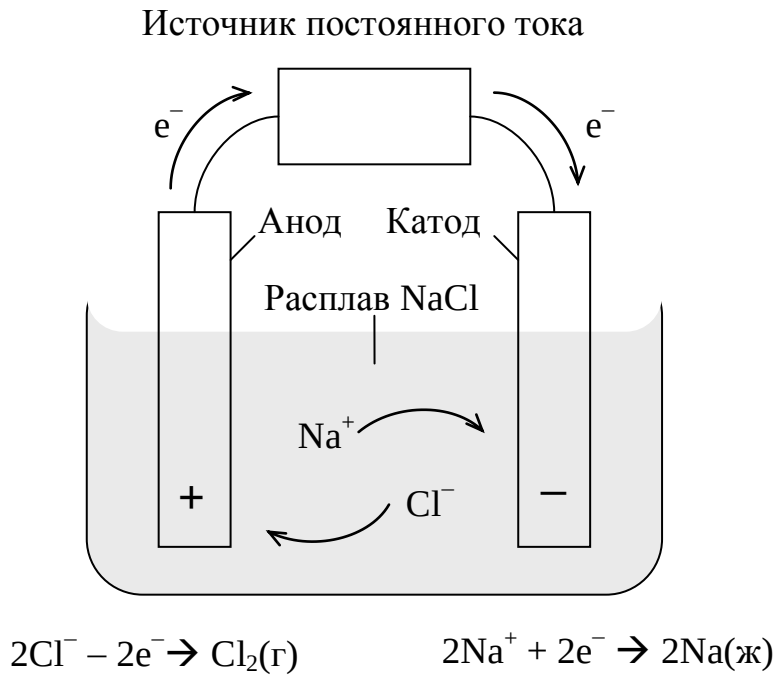



Рис. 10.3. Схема электролиза расплавленного NaCl

Рассмотренный процесс электролиза хлорида натрия используется для промышленного получения щелочного металла. Расплавленный NaCl подвергают электролизу в специальном электролизере, сконструированном таким образом, чтобы Na и $Cl_2$ не могли вступать в контакт друг с другом и снова образовывать NaCl. Кроме того, предусмотрено, чтобы натрий не вступал в контакт с воздухом и не образовывал оксид.

### 10.4.1. Электролиз водных растворов электролитов

При электролизе водных растворов солей необходимо учитывать

наличие конкурирующих процессов на катоде и аноде из-за присутствия молекул воды. Это вызвано тем, что, например, на катоде в первую очередь будут восстанавливаться ионы с большим значением электродного потенциала. Так, натрий нельзя получить электролизом водного раствора NaCl, потому что на катоде ионы водорода молекул воды восстанавливаются легче, чем ион $Na^+$ в растворе:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E^0 = -0{,}83\ В,$$

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na \qquad E^0 = -2{,}71 В.$$

Следовательно, при электролизе водного раствора NaCl на катоде вместо натрия должен выделяться газообразный водород.

На другом электроде - аноде в случае рассматриваемой соли возможно окисление $Cl^-$ или $H_2O$:

$$2Cl^- - 2e^- \rightarrow C1_2 \quad E^0 = -1{,}36\ В,$$

$$2H_2O - 4e^- \rightarrow 4H^+ + O_2 \quad E^0 = -1{,}23\ В.$$

Эти стандартные окислительные потенциалы отличаются друг от друга не слишком сильно, но из их сравнения следует, что молекулы $H_2O$ должны окисляться с большей легкостью, чем ионы $Cl^-$. Однако для осуществления реакции иногда требуется намного более высокое напряжение, чем то, которое указывают электродные потенциалы. Дополнительное напряжение, необходимое для проведения электролиза, называется **перенапряжением**. Электроосаждению металлов соответствуют низкие значения перенапряжения, но перенапряжения, соответствующие выделению газообразного водорода или газообразного кислорода, обычно весьма значительны. В рассматриваемом примере перенапряжение, необходимое для образования $H_2$, настолько велико, что $Cl^-$ окисляется легче, чем $H_2O$. По этой причине при электролизе водных

растворов NaCl (рассолов) образуются $H_2$ и $Cl_2$, если только концентрация $Cl^-$ не слишком низка. При этом протекают следующие реакции:

$$\text{(анод)} \quad 2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2,$$

$$\underline{\text{(катод)} \quad 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-.}$$

$$2Cl^- + 2H_2O \rightarrow Cl_2 + H_2 + 2OH^-.$$

Для образования $H_2$ и $Cl_2$ из раствора при стандартных условиях требуется минимальное напряжение 2,06 В. На практике для проведения электролиза используют более высокое напряжение, что объясняется наличием внутреннего сопротивления электролитической ячейки, а также отмеченным выше перенапряжением.

При электролизе водных растворов активных металлов, как, например, Na, Ca, Mg и Al, характеризующихся довольно большими отрицательными значениями стандартных электродных потенциалов, вместо соответствующего металла на катоде выделяется $H_2$. Поэтому такие активные металлы получают электролизом расплавов их солей. Выше мы уже кратко обсудили электролитическое получение натрия. Рассмотрим еще один пример - получение алюминия.

Для промышленного получения алюминия используют оксид $Al_2O_3$, добываемый в виде минерала боксита. Оксид алюминия не проводит электрический ток и имеет очень высокую температуру плавления свыше 2000 $^0$C. Поэтому после предварительной очистки $Al_2O_3$ растворяют в расплавленном криолите $Na_3AlF_6$, в результате чего образуется расплав, проводящий электрический ток. Расплавленную смесь подвергают электролизу при температуре около 950 $^0$C, используя угольные электроды. При электролизе на катоде выделяется алюминий, а на аноде – кислород, взаимодействующий с материалом анода:

(катод) $Al^{3+} + 3e^- = Al$ (расплав),

(анод) $C + 2O^{2-} - 4e^- = CO_2$ (газ).

### 10.4.2. Электролиз с активным анодом

Обсуждая электролиз расплава или раствора NaCl, мы считали электроды инертными. Это означает, что сами электроды в процессе электролиза не вступают в реакцию, а просто служат поверхностями, на которых происходят окисление и восстановление. Однако в электролитическом процессе получения алюминия анод вступает в реакцию. Следовательно, электродные реакции включают не только окисление и восстановление растворителя и растворенных веществ, но и самих электродов. При электролизе водных растворов металлический электрод окисляется, если его потенциал меньше окислительно – восстановительного потенциала воды. Например, медь окисляется легче, чем вода:

$$Cu - 2e^- = Cu^{2+} \qquad E° = 0{,}34 \text{ В}.$$

$$2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2 \qquad E^o = 1{,}23 \text{ В}.$$

К одному из многих интересных применений таких электролизных процессов относится рафинирование, или очистка, металлической меди. В промышленности соединения меди восстанавливают с помощью химических восстановителей. Например, для восстановления меди в CuS через расплавленную руду продувают воздух: $CuS + O_2 = Cu + SO_2$.

Полученная таким способом металлическая медь называется губчатой; она имеет чистоту приблизительно 99 % и содержит примеси железа, цинка, золота и серебра, а также других веществ. Некоторые примеси значительно снижают электропроводность металлической меди. Поэтому медь, идущую на изготовление электрических проводов, подвергают дальнейшей очистке. Такую очистку проводят путем электролиза. Губчатую медь помещают в элек-

тролизер и подключают к внешнему источнику тока в качестве анода. Тонкие листы чистой меди играют роль катода; электролитом служит раствор $CuSO_4$. При пропускании электрического тока медь растворяется на аноде и осаждается на катоде:

$$(\text{анод})\ Cu - 2e^- = Cu^{2+},$$

$$(\text{катод})\ Cu^{2+} + 2e^- = Cu.$$

Такие металлы, как цинк и железо, которые окисляются легче, чем медь, вместе с ней растворяются на аноде. Поскольку они восстанавливаются труднее, чем медь, регулируя напряжение, можно предотвратить их осаждение на катоде. Такие металлы, как серебро и золото, которые окисляются труднее, чем медь, не растворяются на аноде. По мере растворения меди они падают с анода и скапливаются под ним на дне ванны в виде ила. Анодный ил периодически извлекают из электролитической ванны в процессе ее очистки. Он служит важным источником получения золота и серебра.

Другим интересным применением электролиза является покрытие металлов. Если, например, в описанной выше электролитической ячейке вместо меди сделать катодом какой - либо другой металл, в процессе электролиза на нем будет образовываться медное покрытие. Вместо меди можно нанести другой металл. При этом предмет, на который хотят нанести покрытие, делают катодом в электролитической ячейке. Металл, который наносят на другие поверхности, делают анодом. Нанесенное покрытие защищает различные предметы от коррозии и улучшает их внешний вид. Многие наружные части автомобилей, например бамперы и дверные ручки, электролитически покрывают хромом.

### 10.4.3. Количественные аспекты электролиза

Количество продуктов химической реакции, происходящей в электро-

литической ячейке, прямо пропорционально количеству электричества, проходящему через ячейку. Например, при пропускании через электролитическую ячейку 1 моля электронов осаждается 1 моль металлического Na, а при пропускании 2 молей электронов - 2 моля Na.

Аналогично, для образования 1 моля меди из $Cu^{2+}$ требуется 2 моля электронов, а для образования 1 моля алюминия из $Al^{3+}$ - 3 моля электронов.

Количество электричества, протекающего через электрическую цепь, и в частности через электролитическую ячейку, измеряется в кулонах. 96 500 Кулонов (Кл) составляют 1 Фарадей: 1 Ф = 96 500 Кл = заряд 1 моля электронов.

Кулон представляет собой такой электрический заряд, который протекает за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 ампер (А). Следовательно, чтобы определить, какое количество электричества Q (в кулонах) пропущено через электрохимическую ячейку, нужно умножить силу тока I в амперах на время его пропускания t в секундах: $Q = I \cdot t$.

## 10.5. ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Эффективность промышленного производства в немалой степени зависит от долговечности и надежности применяемого оборудования. В первую очередь это относится к механизмам и конструкциям, изготовленным из различных металлов. На практике металлическое оборудование подвергается не только тем или иным механическим нагрузкам, оно испытывает и различные виды химического воздействия, вызывающие коррозионные процессы. Так, согласно имеющимся оценкам, примерно 15 % ежегодного мирового производства железа идёт на замену металлических изделий, пришедших в негодность из-за коррозионных повреждений.

### 10.5.1. Химическая коррозия металлов

Коррозией металлов и сплавов называется их химическое разрушение, обусловленное взаимодействием металлических материалов с окружающей средой. В процессе коррозии протекают реакции окисления - восстановления, в которых окислителем является среда, контактирующая с металлами.

В зависимости от механизма протекания коррозия металлов может быть химическая и электрохимическая.

При химической коррозии происходит непосредственное взаимодействие металла с агрессивной средой, не являющейся электролитом. Причем агрессивная среда может быть как в газообразном, так и в жидком состоянии.

Например, при действии кислорода или хлора протекают реакции с образованием соответствующих продуктов - оксидов или хлоридов металлов, например, железа:

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3,$$
$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3.$$

Скорость окисления металлов в газах зависит от природы металла, состава газа и температуры. В результате химической коррозии металл покрывается слоем продуктов реакции окисления (чаще всего пленкой оксида или гидроксида). Образующаяся пленка препятствует диффузии окислителя к металлу и тем самым замедляет, а иногда и прекращает дальнейшую коррозию металла. Поэтому большое значение для скорости протекания химической коррозии имеют состав и структура образующихся продуктов окисления.

Например, алюминий в сухом воздухе, или под действием кислорода,

растворенного в воде, покрывается тонкой (50 – 100 $\overset{0}{A}$), но очень плотной пленкой оксида, после чего окисление металла практически прекращается. В случае железа оксидные слои (FeO или $Fe_3O_4$) не образуют сплошной пленки на его поверхности и не предохраняют металл от дальнейшего разрушения.

### 10.5.2. Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия - процесс самопроизвольного разрушения одного из контактирующих в токопроводящей среде металлов. Важно, что токопроводящей средой может быть не только раствор какого-либо электролита, но даже тонкая пленка влаги, практически всегда присутствующая на поверхности металлов и металлических конструкций, эксплуатируемых в воздушной среде.

Коррозия металлов в электролитах является результатом образования короткозамкнутых гальванических элементов. В таком гальваническом элементе отрицательным полюсом работает тот металл, потенциал которого меньше (отрицательнее), а второй металл служит положительным полюсом.

Разрушается (растворяется) тот металл, который имеет более отрицательный потенциал - это анод. Анодное разрушение поверхности металла собственно и составляет процесс электрохимической коррозии.

На положительном полюсе - катоде происходит тот процесс восстановления из раствора, потенциал которого положительнее.

В зависимости от состава раствора, находящегося около положительного электрода, возможно протекание одного из трёх конкурирующих процессов:

1. В нейтральном и щелочном растворах, не содержащих ионов металлов, потенциал которых более положителен, чем - 0,8 В, происходит восстановление растворенного в воде молекулярного кислорода. В этом случае

процесс называется коррозией с кислородной деполяризацией:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-.$$

Пример. Контакт металлического железа ($E^0$ = - 0,44 В) с цинком ($E^0$ = - 0,76 В) в присутствии воды (рис. 10.4) сопровождается следующими электродными процессами:

$$\text{(анод)}\ \ Zn - 2e^- = Zn^{2+},$$
$$\underline{\text{(катод)}\ O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-.}$$
$$2Zn + O_2 + 2H_2O = 2Zn(OH)_2.$$

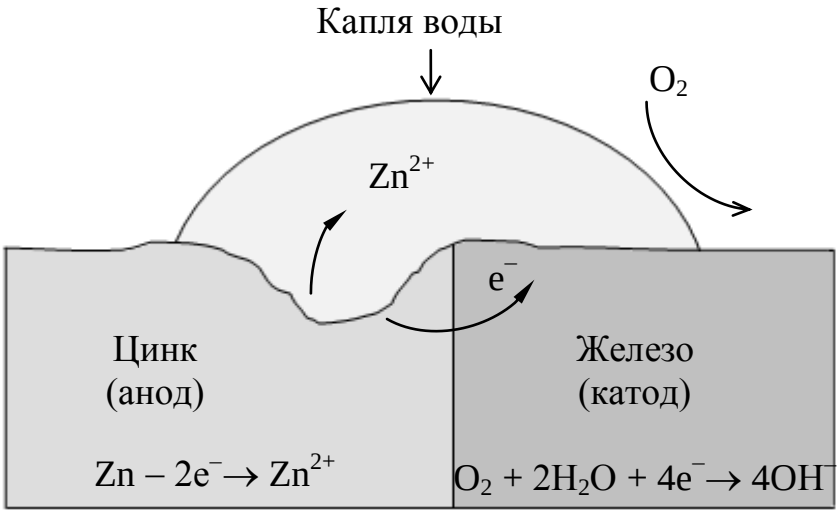



Рис. 10.4. Контакт металлического железа с цинком в присутствии воды

2. В кислом растворе происходит восстановление ионов водорода. Тогда процесс называют коррозией с водородной деполяризацией:

$$2H^+ + 2e^- = H_2.$$

Пример. Контакт магния ($E^0$ = - 2,36 В) с медью ($E^0$ = 0,34 В) в растворе соляной кислоты сопровождается следующими электродными процессами:

$$\text{(анод)}\ \ Mg - 2e^- = Mg^{2+},$$

$$\underline{\text{(катод)}\ \ 2H^+ + 2e^- = H_2.}$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

3. В растворе, содержащем ионы металлов $Me^{n+}$, потенциал которых более положителен, чем - 0,8 В, происходит восстановление этих ионов:

$$Me^{n+} + ne^- = Me^0.$$

Процесс металлической деполяризации имеет место при работе гальванических элементов. При коррозии этот процесс встречается редко.

### 10.5.3. Причины, вызывающие образование гальванопар на поверхности металла

Появление разности потенциалов сопровождает любой контакт металл - электролит. В случае возникновения на поверхности металла участков с различным значением потенциала, образуются гальванические элементы и протекает электрохимическая коррозия.

Распространенной причиной возникновения на металлической поверхности участков с различным значением потенциала может быть структурная неоднородность металла. Неоднородность внутренних напряжений в металлическом изделии также может приводить к возникновению гальванической пары, т. к. сжатие увеличивает электродный потенциал металла, а растяжение - уменьшает. Поэтому в деформированной детали сжатые слои

металла будут играть роль катода, а растянутые - роль анода, подвергаясь при этом разрушению.

Непостоянный состав электролита над различными участками поверхности металла, например, обусловленный разной концентрацией растворенных солей и газов, тоже может вызвать возникновение разности потенциалов. Многие другие факторы, например, различная скорость движения электролита по поверхности металла, также могут служить причиной образования участков с различным значением электродного потенциала металла.

Известен еще один специальный вид гальванопар, который часто приходится учитывать на практике, это так называемые пары дифференциальной аэрации. Пары дифференциальной аэрации возникают в том случае, когда металл или металлическое изделие подвергается неоднородному воздействию кислорода воздуха. Та часть поверхности металла, к которой кислород попадает легче, становится катодом элемента. Анодом же будет часть поверхности, менее доступная кислороду. Это является следствием изменения электродного потенциала при действии кислорода на поверхность металла.

На практике приходится часто встречаться с парами дифференциальной аэрации, например, при подземной коррозии. Допустим, трубопровод проходит сначала через легко проницаемую для воздуха песчаную почву, а затем через пласт глины, сквозь которую воздух проникает с трудом. Если не принять специальные меры защиты от коррозии, в этом случае тоже может возникнуть пара дифференциальной аэрации, причем будет разрушаться та часть трубы, которая проходит через глину.

### 10.5.4. Коррозия металлов в защитных и антифрикционных маслах

Для защиты металлов от коррозии часто применяется нанесение масляного покрытия как на эксплуатируемое оборудование, так и на подлежащее консервации. Однако при определенных условиях коррозионные процессы

могут протекать и при наличии подобного защитного покрытия. Следует отметить, что в работающем двигателе, где металл соприкасается с нагретым маслом, при определенном составе масла также идут коррозионные процессы.

Химическую коррозию могут вызывать соединения нефтепродуктов, способные реагировать с металлом в молекулярном состоянии: образующиеся в результате окисления высокомолекулярные и в ещё большей мере низкомолекулярные органические кислоты, сернистые соединения, являющиеся продуктом сгорания топлив, содержащих серу.

Цветные металлы и сплавы, применяемые в подшипниках - свинец, кадмий и другие - особенно подвержены химической коррозии.

В практике коррозионной защиты различают коррозию наружных поверхностей и соответственно наружную консервацию и коррозию внутренних поверхностей машин и механизмов.

Коррозия наружных поверхностей, как правило, носит электрохимический характер:

$$2Me + O_2 + 2H_2O = 2Me(OH)_2.$$

Внутренняя коррозия чаще всего протекает по смешанному электрохимическому и химическому механизму. Именно совокупность двух типов коррозии приводит к наибольшему износу техники.

Для повышения антикоррозионных свойств масел применяются различные вещества. Для борьбы с химической коррозией в двигателях внутреннего сгорания используются антиокислительные и противокоррозионные присадки.

Антиокислительные присадки (некоторые амины, фенолы, фосфиды) предотвращают или замедляют окисление минеральных масел и топлив и поэтому уменьшают накопление в них коррозионно - активных веществ.

Противокоррозионные присадки, например, алкилфенольные, защищают металл от химической коррозии путем образования на нем адсорбци-

онных пленок, устойчивых к воздействию коррозионно - активных веществ.

Антиокислительные и противокоррозионные присадки, как правило, не защищают металл от электрохимической коррозии, от коррозии в присутствии воды, потому что адсорбционные пленки, образующиеся на металле под влиянием антикоррозионных присадок, пропускают воду, разрушаются и десорбируются. Поэтому для предотвращения электрохимической коррозии используют специальные ингибиторы электрохимической коррозии. Эти вещества обычно представляют собой органические соединения, молекулы которых состоят из двух частей - углеводородного радикала и функциональной группы, обеспечивавшей защитные свойства.

Уменьшение электрохимической коррозии металла с помощью этих ингибиторов может достигаться двумя путями: они вытесняют воду с поверхности металла, создавая на нём адсорбционную пленку, не пропускающую воду и не разрушаемую водой; они могут избирательно затруднять катодные или анодные процессы при коррозии.

### *Решение типовых задач*

Задача 1. Как будет протекать процесс коррозии в том случае, если алюминиевые листы конструкции, эксплуатируемой во влажной атмосфере, скрепить железными болтами?

Решение. В местах соприкосновения двух металлов образуется гальванический элемент. Металл, который окисляется легче, играет при этом роль анода, а второй металл - роль катода. Из сравнения стандартных электродных потенциалов алюминия ($E^0$ = - 1,66 В) и железа ($E^0$ = - 0,44 В) следует, что алюминий будет играть роль анода:

$$(\text{анод})\ Al - 3e^- = Al^{3+}.$$

На катоде (железо) пойдет процесс восстановления кислорода:

(катод) $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$.

Таким образом, в месте контакта с железом алюминий будет корродировать, что приведет к нарушению прочности крепления:

$$4Al + 3O_2 + 6H_2O = 4Al(OH)_3.$$

Задача 2. Слой цинка на "гальванизированном" (оцинкованном) железе называют "жертвенным анодом". Что это означает? Оказывает ли хром такое же действие на железные изделия, покрытые хромом?

Решение. Цинк окисляется легче, чем железо, потому что его стандартный электродный потенциал ($E^0$ = - 0,76 В) отрицательнее (для железа $E^0$ = - 0,44 В). Поэтому при контакте цинка и железа анодному растворению подвергается цинк:

(анод) $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$.

На катоде, которым является железо, при этом будет происходить восстановление, например, ионов водорода (в кислом растворе):

(катод) $2H^+ + 2e^- = H_2$.

Если в контакте с железом находится хром ($E^0$ = - 0,74 В), он также играет роль "жертвенного анода", поскольку его стандартный электродный потенциал меньше, чем у железа.

Такой способ защиты железа (или другого металла) от коррозии путем превращения его в катод электрохимического элемента называется **катодной защитой.**

Задача 3. Определить процессы, которые будут протекать при контакте железа и никеля в растворе серной кислоты (гальванопара $Fe/H_2SO_4/Ni$).

Решение. Из двух данных металлов меньшее значение стандартного электродного потенциала имеет железо (для железа $E^0$ = - 0,44 В, для никеля $E^0$ = - 0,25 В). Следовательно, анодному растворению будет подвергаться железо:

$$(\text{анод}) \quad Fe - 2e^- = Fe^{2+}.$$

В кислой среде на катоде гальванопары (на никеле) будут восстанавливаться ионы водорода:

$$(\text{катод}) \quad 2H^+ + 2e^- = H_2.$$

Если рассматриваемая гальванопара будет реализована в растворе хлорида натрия (Fe/NaCl/Ni), то катодный процесс будет заключаться в восстановлении растворенного кислорода:

$$(\text{катод}) \; O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-.$$

## 10.6. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

К количественным методам оценки степени коррозионного разрушения относятся:

1. Определение изменения массы образцов (массометрический метод).

2. Определение объема выделяющихся газообразных продуктов или объема газа, поглощаемого в процессе коррозии (объемный метод).

3. Химический анализ раствора (аналитический метод), применяемый при изучении скорости коррозии отдельных компонентов сплава.

Наиболее широко распространенным, благодаря своей простоте и надежности, является массометрический метод. Это - прямой метод, непосредственно связанный с массой разрушенного металла.

Показателем скорости коррозии в данном методе является величина К,

представляющая собой отношение:

$$К = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot t},$$

где $m_0$ - масса образца до коррозии, г; $m_1$ - масса образца после коррозии; S - площадь поверхности образца, $м^2$; t - время коррозионного разрушения, ч.

Массовые потери при коррозии могут быть пересчитаны в скорость коррозии, выраженную в мм/год:

$$П = \frac{8{,}76 \cdot К}{\rho},$$

где П - скорость коррозия, мм/год; К - скорость коррозии, $г/(м^2 \cdot ч)$; $\rho$ - плотность металла, $г/см^3$; 8,76 - коэффициент пересчета.

На основании величины П можно произвести оценку химической стойкости металлов по десятибалльной шкале (таблица 10.3).

## 10.7. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ

Методы борьбы с коррозией чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Выбор того или иного метода зависит от природы и структуры подлежащего защите материала, от условий его работы, от коррозионных свойств среды. Все эти методы удобно разделить на три группы:

1) изменение внешних условий работы изделия;

2) изменение структуры металла, подлежащего защите;

3) защита поверхности.

В последней группе можно выделить три подгруппы: а) нанесение ок-

сидных пленок; б) нанесение неметаллических покрытий; в) нанесение металлических покрытий (включая гальванические покрытия).

*Таблица 10.3*

**Шкала коррозионной стойкости металлов**

| Группа стойкости | П, мм/год | Балл |
|---|---|---|
| 1. Совершенно стойкие | < 0,001 | 0 |
| 2. Весьма стойкие | 0,001 – 0,005<br>0,005 -0,01 | 1<br>2 |
| 3. Стойкие | 0,01 – 0,05<br>0,05 – 0,1 | 3<br>4 |
| 4. Пониженностойкие | 0,1 – 0,5<br>0,5 – 1,0 | 5<br>6 |
| 5. Малостойкие | 1,0 – 5,0<br>5,0 – 10,0 | 7<br>8 |
| 6. Нестойкие | > 10,0 | 9 |

**Изменение внешних условий работы конструкции (изделия).** Коррозию можно уменьшить или устранить, создав такие условия для работы изделия, которые затрудняли бы разряд ионов водорода или ионизацию кислорода на катодах микрогальванопар или затрудняли бы растворение анодных участков. Здесь можно указать три пути.

**Защита обработкой среды.** Можно устранить кислородную деполя-

ризацию удалением кислорода из раствора, вызывающего коррозию. Например, воду для паровых котлов освобождают от кислорода добавкой какого - либо восстановителя. Введением в раствор других добавок можно пассивировать анодные составляющие защищаемого металла. Например, в холодильных установках, где в железной аппаратуре циркулируют специальные растворы, добавка кремнекислого натрия или хромпика ($K_2Cr_2O_7$) пассивирует железо и ослабляет коррозию.

Защита приложением внешней ЭДС (**катодная защита**). Этот чисто электрохимический метод заключается в том, что изделие, подлежащее защите от коррозии, соединяют с отрицательным полюсом внешнего источника электричества, т. е. сообщают ему катодную поляризацию; анодами служат чугунные, свинцовые или графитовые пластины, погруженные в тот же раствор, что и защищаемое изделие. На катодной поверхности выделяется водород, растворение защищаемого металла не происходит. Для защиты железа от коррозии в растворах хлористого натрия достаточна плотность тока на защищаемой конструкции 10 - 12 мкА/см$^2$. При интенсивно перемешиваемом растворе необходима плотность тока до 250 мкА/см$^2$. Катодную защиту применяют для котлов, химической аппаратуры и т. п. Однако эффективность ее в изделиях сложной конфигурации невысокая.

**Защита протекторами.** Этот метод, также электрохимический, заключается в том, что к защищаемому изделию прикрепляют протекторы - пластинки, муфты и т. п. из металла (чаще всего из цинка), имеющего более отрицательный потенциал. В возникающей гальванической паре металл протектора анодно растворяется. Протекторы по мере износа нужно менять. Метод эффективен в среде, хорошо проводящей электрический ток. Радиус действия протектора невелик, и поэтому для защиты большой поверхности приходится устанавливать много протекторов.

**Изменение структуры металла изделия**. Электрохимическую коррозию можно ослабить, изменив состав и структуру металла легированием, т. е. введением в сплав с защищаемым металлом некоторых добавок. В этом

направлении возможны три пути:

1) Вводится добавка более благородного металла, образующего твердый раствор с основным металлом. Потенциал анодного растворения повышается, и тем самым коррозия затрудняется. Однако, чтобы достигнуть значительного повышения потенциала, приходится вводить значительные количества более благородного металла. Например, медь устойчиво защищается добавкой золота в количестве 52 - 53,5 % (по массе). Конечно, такой метод защиты дорог и применяется, например, в ювелирной промышленности.

2) Вводится добавка, которая, образуя сплав с различными составляющими основного металла (обычно многокомпонентного сплава), может повлиять так, что потенциалы всех составляющих сблизятся и, следовательно, ЭДС микрогальванопар уменьшится.

3) Вводится добавка, которая может подвергаться коррозии наряду с основным металлом, но продукты ее разрушения образуют на поверхности изделия плотные защитные пленки, препятствующие дальнейшей коррозии. Так, при разрушении кремнистого чугуна или стали на поверхности образуется пленка силикатов, обладающая защитными свойствами.

**Защита поверхности металла.** Защита оксидными пленками. Известно, что пленка оксида (или других продуктов коррозии) на поверхности может защищать металл от дальнейшего разрушения. Подбирая условия обработки, можно искусственным путем создать малопористую, достаточно устойчивую пленку оксидов на металлической поверхности. Наибольшее распространение получили следующие приемы.

**Воронение**, или **оксидирование стали**. Способы его выполнения очень разнообразны. Обработка железа паром, а затем восстанавливающими газами при температурах около 900 °С приводит к образованию пленки оксидов, состоящей в наружном слое из $Fe_3O_4$ и в более глубоком - из FeO. Воронение достигается также погружением стали в расплавленную смесь селитры и диоксида марганца при 300 °С или кипячением в щелочных окислительных

растворах, содержащих, например, едкий натр, селитру и диоксид марганца. В этих случаях в поверхностном слое образуется $Fe_2O_3$. Воронение сообщает изделию красивый бархатистый темно-синий с черным отливом цвет.

Однако в качестве коррозионной зашиты воронение недостаточно прочно. Оно пригодно лишь при работе в атмосферных условиях и требует периодической смазки изделия.

**Фосфатирование** стали. Процесс заключается в образовании на поверхности изделия пленки фосфорнокислых солей марганца и железа. Применяемая рецептура довольно разнообразна. Полученная пленка дополнительно покрывается специальным лаком. Покрытие достаточно устойчиво к коррозии в атмосферных условиях и даже в не слишком агрессивных жидких средах.

**Оксидирование алюминия.** Оксидная пленка на алюминии обладает высокой коррозионной устойчивостью в атмосферных условиях. Пленка может быть создана обработкой алюминия или его сплавов щелочными растворами, содержащими окислители, главным образом, хромовокислые соли. Можно, например, проводить травление в ванне, содержащей соду, едкий натр и бихромат калия, с последующей обработкой 2 % - ным раствором хромовой кислоты.

Анодное окисление алюминия. Весьма прочная пленка на алюминии получается при его анодной поляризации в 3 % - ном растворе хромовой кислоты при 40 °С. Катодом служит графит. Вследствие анодного пассивирования алюминия напряжение поднимается до 40 - 50 В.

Еще лучшие результаты дает анодное окисление алюминия в 20 % - ном растворе серной кислоты при 30 °С и плотности тока 2 А/дм$^2$ в течение 10 мин. Катодами служат свинцовые пластины. После электролиза изделие погружают в горячий раствор $K_2Cr_2O_7$. Получаемое покрытие настолько прочно, что даже после месяца работы в морской воде почти не обнаруживает признаков коррозии. Оксидная пленка служит прекрасным электроизолятором, выдерживая напряжение свыше 10 000 В. Поэтому анодное окисление алю-

миниевой проволоки применяют при изготовлении электротехнической аппаратуры.

**Защита неметаллическими покрытиями.** Покрытие красками или лаками является наиболее распространенным видом защиты металлов от коррозии. Пленка покрытия должна обладать большим электрическим сопротивлением и препятствовать работе микрогальванопар. Основой покрытия является пленкообразующее вещество (олифа и другие высыхающие масла). Для ускорения высыхания добавляют сиккативы - соединения свинца, марганца, кобальта и др. Наконец, для придания покрытию твердости и желаемого внешнего вида к краске добавляют пигменты - окрашенные соединения свинца, цинка, железа, хрома, меди, титана и т.д. Лакокрасочное покрытие должно плотно прилегать к поверхности металла, образуя сплошной слой. В противном случае в пустотах и порах под пленкой краски может удерживаться вода, которая будет служить электролитом для микрогальванопар на поверхности металла.

Из других неметаллических покрытий отметим бетон, асфальт, смолы, битумы, применяемые чаще всего для защиты подземных сооружений - трубопроводов, кабелей, оснований металлических конструкций и т. п. Для мелких изделий, предметов домашнего обихода и химической аппаратуры применяют защиту эмалью - слоем оплавленных силикатов, а также искусственными смолами и пластмассами.

**Защита металлическими покрытиями.** Широко применяется защита металлических изделий покрытием их слоем другого металла. Соответствующее покрытие должно удовлетворять ряду требований.

Необходимо обеспечить прочное сцепление слоя покрывающего металла с основным металлом. Прочность сцепления достигается либо за счет образования промежуточного слоя сплава обоих металлов, либо за счет сил сцепления. В обоих случаях поверхность основного металла должна быть предварительно тщательно очищена.

Покрытие должно быть пластичным, не растрескиваться и не отставать

от основы при изгибании. Иногда предъявляются специальные требования к твердости, стойкости к истиранию, жаростойкости и т.д. Покрывающий слой должен обладать равномерной заданной толщиной.

Покрытие должно защищать основной металл изделия от коррозии. В этом отношении следует различать два случая. Если металл покрытия имеет более положительный потенциал, чем металл основы, и при этом покрытие обладает порами, трещинами или царапинами, то при проникновении электролита в поры образуется гальваническая пара, в которой металл покрытия становится катодом, а металл основы - анодом. Возникновение такой пары будет только способствовать коррозии основного металла. Поэтому подобные покрытия, называемые катодными, должны быть сплошными, беспористыми и полностью исключать доступ вызывающих коррозию веществ к основному металлу. Примером может служить покрытие железа медью или меди серебром. Конечно, металл катодного покрытия сам по себе должен быть коррозионностоек.

Если потенциал металла покрытия более отрицателен, чем потенциал металла основы, то при доступе электролита к металлу основы последний будет играть роль катода в возникающей гальванической паре. Металл же покрытия станет анодом и будет разрушаться. Поэтому подобные покрытия, называемые анодными, даже и при нарушении непрерывности слоя защищают основной металл от коррозии. Примером анодного покрытия может служить нанесение цинка на железо.

Способы нанесения металлических покрытий очень разнообразны. К ним относятся:

1) способ горячего погружения;

2) пульверизация, заключающаяся в распылении расплавленного металла струей сжатых газов на подлежащую покрытию поверхность;

3) плакирование, заключающееся в совместной горячей прокатке покрываемого металла и тонкой пластины покрывающего металла;

4) диффузионные покрытия (цементация), получающиеся нагреванием

покрываемого изделия в порошке металла, подлежащего нанесению;

5) контактные покрытия, получающиеся погружением изделия из менее благородного металла в раствор соли более благородного металла;

6) гальванические покрытия.

Рассмотрим подробнее **гальванические покрытия.** Гальванические покрытия получают путем электролиза. Так как процесс ведут при невысоких температурах (от 15 до 60 °С), то приставание наносимого слоя к основному металлу достигается только за счет сил сцепления, причем иногда осадок даже воспроизводит, продолжает кристаллическую структуру основы. Поэтому очень важно предварительно тщательно очистить поверхность изделия. Впрочем, иногда имеет место и диффузия наносимого металла, хотя и на очень небольшую глубину. Гальванический осадок в большинстве случаев может быть получен любой толщины - от десятитысячных долей миллиметра до нескольких миллиметров. Наиболее часто применяют гальваническое осаждение цинка, никеля, хрома, меди, олова, золота, серебра, реже свинца, кадмия, кобальта, железа. Для специальных целей можно производить покрытие платиной, вольфрамом, сурьмой, мышьяком.

## 10.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите, будет ли протекать реакция окисления – восстановления между растворами солей KBr и $FeCl_3$:

$$2KBr + 2FeCl_3 = Br_2 + 2KCl + 2FeCl_2.$$

$E^0(Br_2/2Br^-) = 1{,}06$ В; $E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}77$ В.

2. Установите, можно ли перемешивать раствор $Fe(NO_3)_3$ алюминиевой ложкой?

$E^0(Al^{3+}/Al) = -1{,}66$ В; $E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}77$ В; $E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}44$ В.

3. Запишите процессы, протекающие на электродах при электролизе водных растворов следующих веществ: NaCl, $Ca(NO_3)_2$, HCl, $Fe_2(SO_4)_3$, KOH, $ZnSO_4$. Рассмотрите два случая электролиза – с графитовым анодом и анодом, изготовленным из меди.

4. Составьте схемы двух гальванических элементов, содержащих железо, причем в одном из них данный металл должен быть «+», а в другом «-». Запишите уравнения протекающих электродных реакций и рассчитайте ЭДС гальванических элементов.

5. Из каких металлов необходимо составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной?

6. Хромирование поверхности изделий из железа придает им повышенные декоративные свойства и защищает от коррозии. В действительности покрытие из хрома наносят на тонкий слой никеля, защищающий железо. Слой хрома предохраняет никель от потускнения и создает прочную, блестящую поверхность. Обеспечивает ли никель катодную защиту железа?

7. Объясните, какой коррозионный процесс может возникнуть при соединении медной трубки с водопроводной трубой из оцинкованного железа?

8. Рассчитайте скорость коррозии алюминия в олеуме. Размеры образца металла 50х30х1 мм, масса до испытания 4,0530 г, после восьмисуточного испытания – 4,0189 г. Произведите количественную оценку коррозионной стойкости алюминия в олеуме по десятибалльной шкале.

9. Запишите уравнения электродных процессов в следующих гальванопарах: Sn/NaCl/Fe, Ni/$HgCl_2$/Cu, Cr/HCl/Fe, Zn/$CuSO_4$/Ni.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Общая химия**:** Учебник для технических направлений и специальных вузов / Н.В. Коровин. - 9-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 557 с.

Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов / Я.А. Угай. - 5-е издание, стереотипное - М.: Высшая школа, 2007. - 527 с.

Фролов В.В. Химия, 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1986. - 432 с.

Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Под ред. А. И. Ермакова. - 30-е издание, исправленное. - М.: Интеграл - Пресс, 2003. - 728 с.

Дробашева Т. И. Общая химия. - М.: Феникс, 2004 г. - 448 с.

Курс химии: Учебник для инженерно-технических вузов / Г.П. Лучинский. – М.: Высшая школа, 1985. – 416 с.

Лабораторные работы по химии**:** Учебное пособие / Н.В. Коровин, Э.И. Мингулина, Н.Г. Рыжова; Под редакцией Н.В. Коровина - 4-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 256 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ……...……3

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ……4

1.1. Основные классы неорганических соединений. Горные породы и минералы земной коры ……..4

1.2. Номенклатура неорганических веществ ……8

1.3. Контрольные вопросы и задания ……...11

Глава 2. НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ……..13

2.1. Энергетические соотношения в химических системах ……...13

2.2. Самопроизвольные процессы ……18

2.3. Энтальпийный и энтропийный факторы химической реакции. Энергия Гиббса ……21

2.4. Расчет изменений энергии Гиббса в стандартных условиях ……24

2.5. Подземная газификация угля – новые возможности для энергетики ……26

2.6. Задачи для самостоятельного решения ……28

Глава 3. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА ……32

3.1. Скорость химической реакции ……...32

3.2. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов ……...34

3.3. Молекулярность и порядок реакции ……38

3.4. Влияние давления и температуры на скорость реакции ……..41

3.5. Энергия активации ……..42

3.6. Явление катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ ……45

3.7. Задачи для самостоятельного решения ……49
Глава 4. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ……51
4.1. Гомогенное химическое равновесие ……52
4.2. Константа химического равновесия ……..54
4.3. Гетерогенное химическое равновесие ……...57
4.4. Смещение химического равновесия ……..59
4.5. Задачи для самостоятельного решения ……64
Глава 5. ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ ……..66
5.1. Растворы ……...66
5.2. Способы выражения концентрации растворов ……68
5.3. Растворимость вещества и ее зависимость от различных факторов ……...……..……74
5.4. Осмос. Осмотическое давление ……78
5.5. Давление пара растворителя над раствором. Замерзание и кипение раствора ……83
5.6. Зависимость растворимости от температуры и давления ……...89
5.7. Произведение растворимости труднорастворимого вещества ……...
91
5.8. Задачи для самостоятельного решения ……96
Глава 6. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ……98
6.1. Теория электролитической диссоциации ……..98
6.2. Степень и константа электролитической диссоциации ……101
6.3. Активная концентрация ионов ……105
6.4. Солевой эффект ……107
6.5. Жесткость природной воды ……..108
6.6. Умягчение воды ……110
Глава 7. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ……...113

7.1. Реакция соли с солью ……113
7.2. Реакция соли с кислотой ……...116
7.3. Реакции с участием основных и кислых солей …….……...116
7.4. Реакции образования слабых кислот и слабых оснований ……..……...…….118
7.5. Реакции с участием амфотерных гидроксидов ……..119
7.6. Теория кислот и оснований Бренстеда - Лаури ……120
7.7. Ионное произведение воды. Водородный показатель pH …….123
7.8. Гидролиз солей ……..127
7.9. Контрольные задания ……...135
Глава 8. СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА ……137
8.1. Строение электронных оболочек атомов ……137
8.2. Периодичность изменения свойств элементов ……...146
8.3. Контрольные задания ……151
Глава 9. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ……152
9.1. Общие положения ……152
9.2. Метод валентных связей ……...156
9.3. Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи ……..……...161
9.4. Свойства ковалентной связи ……162
9.5. Метод молекулярных орбиталей ……170
9.6. Межмолекулярное взаимодействие и водородная связь ……173
9.7. Комплексные соединения ……176
9.8. Контрольные задания ……182
Глава 10. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ……184
10.1. Окислительно-восстановительные реакции ……184

10.2. Образование электродных потенциалов ……...192
10.3. Гальванические элементы ……..199
10.4. Электролиз ……...210
10.5. Прикладная электрохимия ……216
10.6. Методы оценки коррозионного разрушения ……225
10.7. Методы борьбы с коррозией ……..226
10.8. Контрольные задания ……..233
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ….……..235

Учебное издание

Рафаил Абдрахманович Апакашев
Валерий Васильевич Павлов

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

*Учебное пособие*

Редактор изд-ва *Л. В. Устьянцева*
Компьютерная верстка *Н. Л. Кузиной*
Дизайн обложки *Л. А. Болотновой*

Подписано в печать . Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 15,00. Уч.-изд. л. 11,76. Тираж 150. Заказ .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Отпечатано с оригинал-макета в ООО «ИРА УТК».
620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42.

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

для студентов специальности 21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
*(название кафедры)*
Протокол № 1 от 08.09.2022
*(Дата)*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ


| №№ работ | Название | Стр. |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Геометризация рудной линзы | 3 |
| 2 | Исследование изменчивости параметров рудной залежи с целью обоснования плотности разведочной сети | 7 |
| 3 | Разведка и подсчет запасов методом разрезов | 15 |
| 4 | Оконтуривание рудного тела в разрезе | 23 |
| 5 | Подсчет запасов методом геологических блоков | 27 |
| 6 | Оконтуривание и подсчет запасов россыпного месторождения | 34 |
| 7 | Подсчет запасов статистическим методом | 42 |
| 8 | Геолого-экономическая оценка на стадии оценочных работ | 49 |
| 9 | Геолого-экономическая оценка на стадии разведочных работ | 58 |

## Введение

### Расчетно-графическая работа № 1
### *Геометризация рудной линзы*

**Исходные данные.** Скрытая колчеданная линза разведана тремя линиями скважин, ориентированными вкрест простирания вмещающих ее серицит-хлоритовых сланцев. В таблице ниже по вариантам даны расстояния между разведочными линиями, элементы залегания рудной зоны и глубины выклинивания верхней и нижней границ рудной линзы по линиям (табл. 1.1). Мощность линзы в срединной части 20 м для всех вариантов. Разведочные линии нумеруются в направлении с юга на север.

**Задание.** Показать положение рудной линзы в пространстве в разных проекциях, определить угол склонения рудного тела и наметить положение проектной скважины для прослеживания линзы на глубине.

**Содержание работы.** Построить:

а) разведочный план с проекцией контура рудной линзы. На плане показать проекцию оси склонения линзы и место заложения проектной скважины;

б) поперечные разрезы по линиям I, II и III, а также проектный разрез по линии IV;

в) продольную вертикальную проекцию рудной линзы;

г) продольную проекцию рудной линзы в плоскости падения.

Пример выполнения задания показан на рис. 1.1.

**Методические указания.** Масштаб построений удобно принять 1:2000, если расстояние между линиями 50 м и 1:5000, если расстояние между линиями 100 м.

Построение следует начать с разведочного плана. Рудоносная зона серицит-хлоритовых сланцев, прослеженная на поверхности, выносится на план по элементам залегания (табл. 1.1). Вкрест простирания намечаются три разведочные линии.

Далее составляются поперечные разрезы. Для привязки разрезов используются точки пересечения разведочных линий с линией выхода рудной зоны на поверхность – общие точки для плана и разрезов. На рис. 1.1 эти точки обозначены арабскими цифрами (1, 2, 3). На каждой разведочной линии из такой общей точки по углу падения строится рудоносная зона, в ее пределах по глубинам верхней и нижней границ и с учетом мощности оконтуривается сечение рудной линзы.

Следующий шаг – вынос контуров линзы на поверхность, то есть на разведочный план. На каждом разрезе отметки верха и низа линзы проектируются на линию поверхности. На рис. 1.1 это точки a, b на линии I, c, d – на линии II и e, f – на линии III. Расстояние между привязочными точками (1, 2, 3) и проекциями отметок верха и низа (a, b, c, d, e, f) на каждом разрезе измеряется и откладывается на плане по соответствующей разведочной линии в направлении падения зоны. Соединив затем точки a, c, e, получим проекцию верхней границы рудного тела, а соединив точки b, d, f – нижнюю границу.

Сопоставление разрезов показывает, что линза погружается в глубину в северном направлении, а на юге она, очевидно, выклинивается, не доходя до поверхности. Используя морфологический прием, продолжим пунктиром оконтуривающие линии на север, а на юге линзу нужно выклинить углом на удалении от линии I, равном половине расстояния между профилями.

Таким образом, в северном направлении намечается продолжение рудного тела. Чтобы проверить это предположение, запроектируем еще одну разведочную линию – IV и скважину на ней. Проектный разрез строится методом решения обратной задачи. На плане измеряем расстояния от привязочной точки до проекций отметок верха и низа, на разрезе откладываем эти расстояния по линии дневной поверхности в направлении падения рудной зоны и опускаем из них перпендикуляры до пересечения с ней.

Таблица 1.1

Варианты задания по геометризации рудной линзы

| Номер варианта | Расстояние между разведочными линиями, м | Элементы залегания рудной зоны, град. | | Глубины выклинивания контуров рудной линзы по разведочным линиям (верхняя-нижняя) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Азимут простирания | Направление и угол падения | I-I | II-II | III-III |
| 1 | 50 | 0 | В 60 | 20-60 | 40-80 | 60-100 |
| 2 | 50 | 60 | ЮВ 60 | 30-70 | 50-90 | 70-110 |
| 3 | 50 | 120 | ЮЗ 60 | 40-80 | 60-100 | 80-120 |
| 4 | 100 | 180 | З 60 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 5 | 100 | 240 | СЗ 60 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 6 | 100 | 300 | СВ 60 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 7 | 50 | 0 | В 45 | 30-80 | 40-90 | 50-100 |
| 8 | 50 | 60 | ЮВ 45 | 40-90 | 50-100 | 60-110 |
| 9 | 50 | 120 | ЮЗ 45 | 50-100 | 60-110 | 70-120 |
| 10 | 100 | 180 | З 45 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 11 | 100 | 240 | СЗ 45 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 12 | 100 | 300 | СВ 45 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 13 | 50 | 0 | В 30 | 20-60 | 30-70 | 40-80 |
| 14 | 50 | 60 | ЮВ 30 | 30-70 | 40-80 | 50-90 |
| 15 | 50 | 120 | ЮЗ 30 | 40-80 | 50-90 | 60-100 |
| 16 | 100 | 180 | З 30 | 40-120 | 60-140 | 80-160 |
| 17 | 100 | 240 | СЗ 30 | 60-140 | 90-170 | 120-200 |
| 18 | 100 | 300 | СВ 30 | 80-160 | 120-200 | 160-240 |
| 19 | 50 | 45 | ЮВ 75 | 30-80 | 40-90 | 50-100 |
| 20 | 50 | 90 | Ю 75 | 40-90 | 50-100 | 60-110 |
| 21 | 50 | 135 | ЮЗ 75 | 50-100 | 60-110 | 70-120 |
| 22 | 100 | 225 | СЗ 75 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 23 | 100 | 270 | С 75 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 24 | 100 | 315 | СВ 75 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 25 | 50 | 45 | ЮВ 45 | 20-60 | 30-70 | 40-80 |
| 26 | 50 | 90 | Ю 45 | 30-70 | 40-80 | 50-90 |
| 27 | 50 | 135 | ЮЗ 45 | 40-80 | 50-90 | 60-100 |
| 28 | 100 | 225 | СЗ 45 | 20-60 | 50-90 | 80-120 |
| 29 | 100 | 270 | С 45 | 30-70 | 60-100 | 90-130 |
| 30 | 100 | 315 | СВ 45 | 40-80 | 70-110 | 100-140 |

Если все выполнено правильно, сечение рудной линзы будет располагаться на четвертом разрезе еще глубже, чем на третьем.

Скважину проектируем, начиная снизу, то есть, с рудного тела. В идеале скважина должна пересечь линзу перпендикулярно и посредине. В реальности к этому нужно стремиться, во всяком случае, угол встречи скважины с рудным телом должен быть не меньше 30о, иначе скважина не войдет в руду, а соскользнет и пойдет по контакту. Наметив место пересечения скважиной рудного тела, выводим ее на поверхность плавной линией. Следует учитывать, что вертикальные скважины наиболее просты и, следовательно, менее дороги. Затраты на проходку наклонных прямых и тем более искривленных скважин значительно выше. Положение проектной скважины на дневной поверхности выносится на план. Для этого измеряется расстояние от нее до привязочной точки на линии поверхности разреза и откладывается по линии IV на плане. Скважина на плане обозначается кружком.

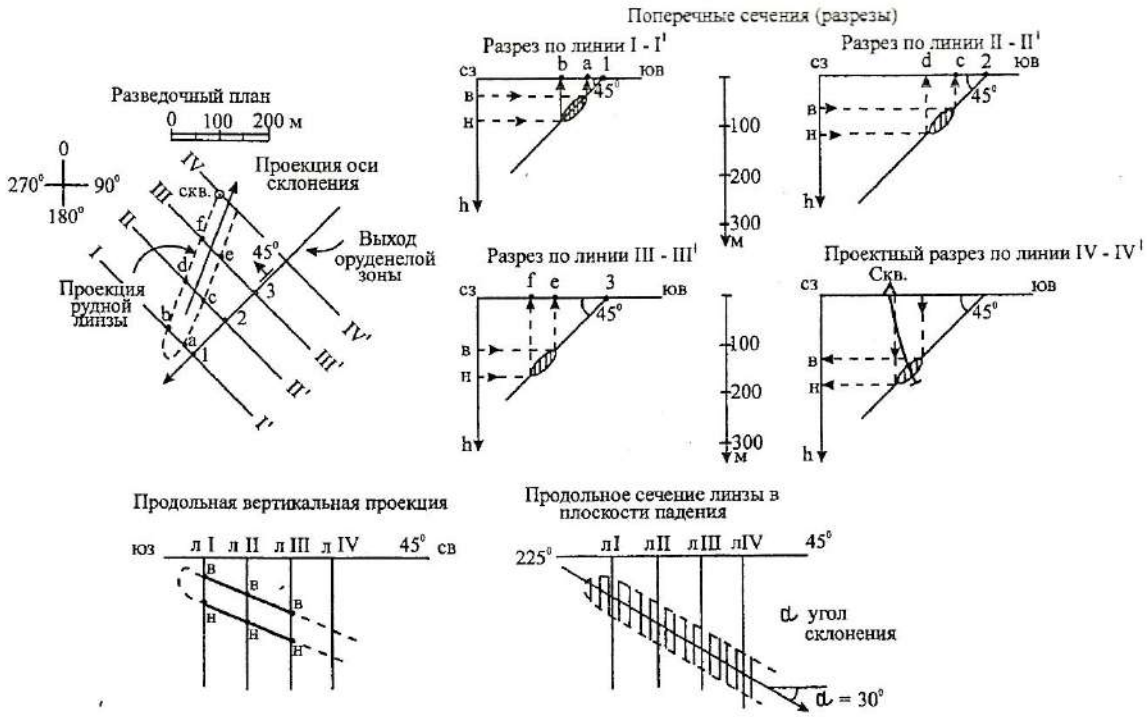



Рис. 1.1. Геометризация рудной линзы:
в – верхняя, н – нижняя отметки (глубины) выклинивания рудной линзы в м; 1, 2, 3 – точки пересечения плоскости оруденелой зоны с горизонтальной плоскостью; a, b, c, d, e, f – точки проецирования контура линзы на горизонтальную плоскость по линии каждого разреза

Поперечные разрезы показывают сечение рудного тела вкрест его простирания. На планах изображаются горизонтальные проекции залежей. Горизонтальные проекции наиболее удобны и легко читаемы, поэтому они используются, если угол падения рудного тела меньше $50^{o}$. При более крутых углах площадь тела на горизонтальной проекции сильно искажается, превращаясь в одну линию при вертикальном падении. В этом случае строятся проекции на вертикальную плоскость.

У вертикальной проекции линия дневной поверхности совпадает с линией выхода оруденелой зоны на плане. Перпендикулярно к ней, то есть вертикально, располагаются разведочные линии. На каждой из них отмечаются глубины верхнего и нижнего контуров (по данным из варианта). Далее, как и на горизонтальной проекции, соединяются отметки верхней и нижней границ соответственно. И также, пользуясь морфологическим приемом, продолжаем границы на глубину, в северном направлении, и выклиниваем на юге на середине расстояния между разведочными линиями.

Отметим, что рудное тело изображается на горизонтальной проекции без искажений, только если залегает горизонтально, а на вертикальной – если падение строго вертикальное. При всех промежуточных величинах угла падения полученное сечение будет уменьшенным, и для определения площади рудного тела необходимо использовать тригонометрические зависимости.

Если угол падения рудного тела достаточно выдержанный, можно использовать проекцию на плоскость, параллельную плоскости падения. В этом случае, линия дневной поверхности также совпадает с линией выхода оруденелой зоны в плане. Аналогичным будет и расположение разведочных линий. Однако, вертикальный масштаб в этом случае неприменим, так плоскость проекции будет наклонная. Отметки верхнего и нижнего контуров рудной линзы также снимаются с поперечных разрезов, но расстояния до них изме-

ряются по линии падения рудоносной зоны. В результате, изображение рудного тела на этой проекции будет визуально шире и расположится глубже.

Продольная проекция в плоскости падения позволяет определить угол склонения залежи, который показывает направление погружения тела. Он измеряется в плоскости падения как угол между осью рудного тела и горизонтальной плоскостью. Угол измеряется транспортиром и записывается на чертеже (Рис. 1.1).

Все чертежи должны иметь заголовок, ориентировку и масштаб.

Время выполнения работы 2 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 1].

## Расчетно-графическая работа № 2

### *Исследование изменчивости параметров рудной залежи с целью обоснования плотности разведочной сети*

**Исходные данные.** На участке месторождения силикатного никеля в площадной коре выветривания гипербазитов установлена преимущественно изотропная изменчивость оценочных параметров (мощности и содержания никеля). Разведочным профилем с расстоянием между скважинами 40 м вскрыта рудная залежь, сложенная субструктурными железистыми охрами и выщелоченными серпентинитами. Рудная залежь перекрыта бесструктурными железистыми охрами и латеритами, в которых содержание никеля ниже кондиционного (менее 1 %). По каждой скважине по вариантам даны: отметка устья, мощность покровных отложений, мощность рудного тела и среднее содержание никеля по пересечению (табл. 2.1).

**Задание.** Определить оптимальную плотность разведочной сети с помощью геолого-математических моделей.

**Содержание работы.** 1. Построить по данным бурения геолого-геохимический разрез, который включает:

а) геологический разрез по данным бурения;

б) графики содержания никеля и мощности рудного тела по измеренным данным;

в) графики содержания и мощности по аппроксимированным значениям, которые необходимо предварительно вычислить.

Пример геолого-геохимического разреза показан на рис. 2.1.

2. Определить оптимальную плотность разведочной сети на основе геометростатистической модели.

3. Определить оптимальную плотность сети на основе вероятностно-статистической модели.

4. Составить и обосновать заключение об оптимальной плотности сети.

**Методические указания**. Площадные коры выветривания характеризуются, как правило, большой площадью распространения при малой мощности. Поэтому для построения геологических разрезов для таких месторождений рекомендуется использовать более мелкий горизонтальный масштаб и более крупный – вертикальный. В данной работе удобно принять горизонтальный масштаб 1:10000, а вертикальный – 1:1000. В масштабе 1:10000 выносятся устья скважин (по горизонтали) и их отметки (по вертикали). Мощность покровных отложений и мощность рудного тела изображается в масштабе 1:1000 (Рис. 2.1).

1. Для построения геологического разреза на горизонтальной линии намечаются устья скважин в масштабе 1:10000 через 40 м. Затем в том же масштабе определяются высоты первой и последней скважин, то есть соответственно 101 и 40 м (одинаково для всех вариантов (табл. 2.1). Отметки 101 и 40 м соединяются по прямой, в результате чего получается линия дневной поверхности. На эту линию помещаются устья скважин.

Далее по каждой скважине уже в масштабе 1:1000 от устья откладываются мощности покровных отложений; полученные точки соединяются, образуя верхнюю границу (кровлю) рудного тела. От кровли откладывается мощность рудной залежи; эти точки соединяются и образуют нижнюю границу (подошву) рудного тела. Перекрывающие и подстилающие отложения показывают крапом, рудное тело – штриховкой.

Над геологическим разрезом строятся графики с вариационными кривыми содержания никеля и мощности рудной зоны. Они располагаются так, чтобы устье каждой скважины оставалось на одной вертикали на геологическом разрезе и на обоих графиках. Горизонтальный масштаб у графиков и разреза одинаковый (1:10000), а вертикальный масштаб для графиков следует подобрать, исходя из разброса значений содержаний мощностей. Над устьем каждой скважины в выбранном масштабе откладываем значение мощности залежи на одном графике и содержания никеля на другом. Точки соединяем пря-

мыми линиями. На рис. 2.1 исходные вариационные кривые показаны пунктирной линией и обозначены как $U_i$. Их пилообразный вид обусловлен высокой изменчивостью оцениваемых параметров рудного тела.

Согласно теоретическим представлениям об изменчивости геологических тел, исходные вариационные кривые объединяют два типа изменчивости: 1 – закономерную, отражающую ход рудообразующего геологического процесса, и 2 – случайную, обусловленную колебаниями физико-химических условий в течение рудообразования. Плотность разведочной сети определяется характером закономерной составляющей изменчивости, поэтому необходимо выделить ее из общей вариационной кривой. Для этого используется метод аппроксимации или, по-русски, сглаживания, исходной вариационной кривой с помощью интерполяционного полинома:

$$U_j = \frac{1}{16}(U_{i-2} + 4U_{i-1} + 6U_i + 4U_{i+1} + U_{i+2}),$$

где $U_j$ – значение аппроксимирующей функции в заданной точке профиля;
$U_i$ – измеренное значение в той же точке;
$U_{i-2}$, $U_{i-1}$ $U_{i-2}$ $U_{i+1}$ $U_{i+2}$ – измеренные значения в соседних точках профиля.

Расчеты выполняются с помощью программы «Аппроксимация» в компьютерном классе кафедры. По исходным и аппроксимированным значениям с помощью стандартных формул программой рассчитываются также основные статистические показатели:

$m_1$ – среднее по исходным значениям,
$m_2$ – среднее по аппроксимированным значениям,
$d_1$ – среднеквадратичное отклонение по исходным значениям,
$d_2$ – среднеквадратичное отклонение по аппроксимированным значениям,
$d_3$ – остаточное среднеквадратичное отклонение, характеризующее случайную составляющую изменчивости,
$d_4$ – погрешность аппроксимации,
$d_5$ – погрешность определения среднего.

По аппроксимированным значениям (Uj) на каждом графике строится вторая кривая, аппроксимированная, или сглаженная. На рис. 2 эти кривые показаны сплошной линией.

Долю закономерной составляющей в общей изменчивости показывает соотношение значений дисперсий для аппроксимированной ($S_a$) и исходной ($S_o$) кривых, выражаемое обычно в процентах:

$(S_a / S_o) \times 100$ %.

Чтобы получить значение дисперсии, нужно соответствующее среднеквадратическое отклонение возвести в квадрат, то есть расчет выполняется по формуле:

$(d_2^2 / d_1^2) \times 100$ %.

Если полученное число более 50 %, то для данной кривой преобладает закономерная составляющая изменчивости, если меньше – случайная.

Если в распределении параметра доля закономерной составляющей изменчивости составляет 50 % и более, для определения оптимальной плотности разведочной сети рекомендуется использовать геометро-статистическую модель. Если преобладает случайная составляющая изменчивости, считается надежнее определять оптимальную плотность сети по вероятностно-статистической модели. Оптимальная плотность сети определяется по тому параметру, который является наиболее изменчивым, то есть имеет меньшую долю закономерной составляющей изменчивости.

2. Согласно геометро-статистической модели, оптимальное расстояние между разведочными выработками ($L_{опт}$) на профиле должно удовлетворять неравенству:

$L_{опт} \leq R_g$,

где $R_g$ – радиус геометрической автокорреляции, который хотя и приближенно, но достаточно точно, определяется по формуле:

$R_g = l\,(L+2K)$,

где l – длина исследуемого профиля, м; К – количество экстремумов на профиле.

На рассматриваемом профиле пробурено 36 скважин через 40 м, то есть общая его длина, или расстояние между скважиной № 1 и скважиной № 36 составит 1400 м.

Количество экстремумов (К) подсчитывается для каждой аппроксимированной кривой. При этом экстремумом считается положительный или отрицательный пик, выделяющийся на две точки и более. Концы кривой также принимаются за один экстремум.

3. С помощью вероятностно-статистической модели оптимальное расстояние между разведочными пересечениями определяется по формуле:

$L_{опт} = \sqrt{\frac{S_{ед}}{N}}$, где:

$S_{ед}$ – площадь единичного подсчетного блока;

N – минимально необходимое количество разведочных скважин в пределах единичного подсчетного блока.

Площадь единичного подсчетного блока рассчитывается по формуле:

$S_{ед} = \frac{A_p}{M \bullet d}$, где:

$A_p$ – годовая производительность предприятия по руде, млн т;

M – средняя мощность рудного тела, м;

d – объемная масса сухой руды, т/м$^3$.

Задание составлено проф. Вершининым А. С. на материалах месторождения Пунта Горда на Кубе, где он работал в течение нескольких лет. Месторождение является сырьевой базой никелевого комбината с годовой производительностью рудника 3 млн т. Средняя мощность рассчитывается как один из статистических параметров – $m_1$ по результатам аппроксимации по мощности. Объемная масса руды на месторождении равна в среднем 1,15 т/м$^3$.

Минимально необходимое количество разведочных скважин приближенно дает следующая формула:

$N = (\frac{tV}{\Delta})^2$, где

t – табличное значение интеграла Лапласа, равное 1,96 при вероятности 95 %;

V – коэффициент вариации, %;

Δ – относительная погрешность вычисления, 20 %.

Полученное по формуле значение N округляется в большую сторону до целого числа и подставляется в формулу для расчета $L_{опт}$.

При дистанционном обучении или самостоятельном выполнении работы без доступа к компьютерному классу кафедры расчеты можно сделать с помощью приложения Excel или любой статистической программы. Вначале по приведенной выше формуле определяем по данным своего варианта для каждой скважины аппроксимированное значение ($U_j$) отдельно для содержания никеля и для мощности залежи. Затем требуется рассчитать основные статистические показатели – дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации исходных и аппроксимированных значений также для содержания и мощности. Удобно использовать, например, следующую схему расчетов.

1. Определяем среднее значение содержания никеля по всем 36 скважинам для исходной выборки: $C_iср = (\Sigma\, C_i) / n$, n = 36.

2. Для каждой скважины находим отклонение измеренного значения от среднего и возводим его в квадрат: $(C_i - C_iср)^2$.

3. Чтобы получить величину дисперсии ($S^2$), складываем полученные значения по всем 36 скважинам и делим сумму на количество скважин: $S^2 = (\Sigma\, (C_i - C_iср)^2) / 36$.

4. Среднее квадратическое отклонение, или стандарт (S), равен квадратному корню из значения дисперсии.

5. Для расчета коэффициента вариации (V) нужно среднее квадратическое отклонение разделить на среднее значение исходного параметра и умножить на 100%:

$V = S / C_i ср \times 100\%$.

Аналогичным образом считаем дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации для аппроксимированных значений содержания, а затем для исходных (измеренных) и аппроксимированных значений мощности. Полученные таким образом статистические показатели используются для оценки изменчивости параметров залежи с помощью приведенных выше формул.

Заключительная часть работы должна содержать следующие данные:

а) преобладающий тип изменчивости для содержания никеля;

б) преобладающий тип изменчивости для мощности залежи;

в) оптимальной плотности разведочной сети по геометро-статистической модели;

г) оптимальная плотность сети по вероятностно-статистической модели;

д) вывод о плотности сети и необходимости ее сгущения или разрежения.

Время выполнения работы 4 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 1].

Таблица 2.1

Варианты задания по исследованию изменчивости

($Н_п$ – отметка поверхности, м; $М_п$ – мощность покровных отложений, м;
М – мощность рудной залежи, м; С – содержание никеля, %)

| №№ скважин | $Н_п$, м | $М_п$, м | Вариант 1 | | Вариант 2 | | Вариант 3 | | Вариант 4 | | Вариант 5 | | Вариант 6 | | Вариант 7 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % |
| 1 | 101 | 3 | 4 | 1,90 | 6 | 1,50 | 5 | 1,60 | 4 | 1,20 | 9 | 1,52 | 3 | 1,17 | 6 | 1,11 |
| 2 | 99 | 3 | 6 | 1,30 | 8 | 1,30 | 11 | 1,40 | 1 | 1,00 | 5 | 1,53 | 8 | 1,38 | 10 | 1,39 |
| 3 | 97 | 4 | 9 | 1,70 | 10 | 1,10 | 9 | 1,30 | 11 | 1,40 | 10 | 1,10 | 6 | 1,37 | 6 | 0,74 |
| 4 | 95 | 4 | 5 | 1,40 | 8 | 1,40 | 9 | 1,40 | 3 | 1,10 | 11 | 1,64 | 9 | 1,17 | 12 | 1,28 |
| 5 | 93 | 5 | 8 | 1,50 | 9 | 1,40 | 3 | 1,00 | 11 | 1,20 | 13 | 1,34 | 18 | 1,37 | 9 | 1,13 |
| 6 | 92 | 6 | 12 | 1,40 | 12 | 1,30 | 8 | 1,20 | 11 | 1,30 | 2 | 1,48 | 16 | 1,16 | 11 | 1,27 |
| 7 | 91 | 6 | 12 | 1,40 | 10 | 1,40 | 16 | 1,20 | 4 | 1,40 | 14 | 1,35 | 8 | 1,09 | 29 | 1,38 |
| 8 | 89 | 6 | 9 | 1,19 | 6 | 1,48 | 5 | 1,31 | 5 | 1,46 | 8 | 1,41 | 7 | 1,01 | 3 | 1,09 |
| 9 | 88 | 4 | 8 | 1,25 | 13 | 1,18 | 13 | 1,43 | 12 | 1,17 | 10 | 1,22 | 5 | 1,38 | 11 | 1,26 |
| 10 | 87 | 3 | 14 | 1,28 | 7 | 1,14 | 17 | 1,33 | 14 | 1,24 | 16 | 1,06 | 12 | 1,14 | 6 | 1,15 |
| 11 | 85 | 6 | 3 | 1,26 | 7 | 1,33 | 7 | 1,18 | 5 | 1,33 | 10 | 1,24 | 7 | 1,17 | 4 | 1,36 |
| 12 | 83 | 7 | 5 | 1,21 | 3 | 1,19 | 4 | 1,18 | 4 | 1,12 | 17 | 1,39 | 3 | 1,03 | 5 | 1,19 |
| 13 | 82 | 7 | 8 | 1,22 | 6 | 1,37 | 9 | 1,24 | 15 | 1,05 | 18 | 1,82 | 1 | 1,15 | 6 | 1,28 |
| 14 | 81 | 8 | 7 | 1,15 | 9 | 1,17 | 11 | 1,40 | 10 | 1,26 | 4 | 1,20 | 5 | 1,18 | 8 | 1,30 |
| 15 | 80 | 5 | 20 | 1,33 | 12 | 1,27 | 13 | 1,21 | 7 | 1,29 | 7 | 1,32 | 7 | 1,09 | 10 | 1,23 |
| 16 | 79 | 8 | 10 | 1,26 | 9 | 1,46 | 5 | 1,14 | 4 | 1,25 | 9 | 1,15 | 3 | 1,19 | 6 | 1,25 |
| 17 | 77 | 8 | 7 | 1,03 | 11 | 1,25 | 8 | 1,35 | 6 | 1,36 | 5 | 1,06 | 1 | 1,05 | 4 | 1,28 |
| 18 | 76 | 9 | 5 | 1,33 | 3 | 1,34 | 3 | 0,85 | 2 | 1,07 | 8 | 1,20 | 13 | 1,23 | 12 | 1,13 |
| 19 | 75 | 8 | 11 | 1,34 | 7 | 1,28 | 2 | 1,33 | 6 | 1,52 | 7 | 1,24 | 3 | 1,24 | 5 | 1,14 |
| 20 | 73 | 10 | 7 | 1,13 | 4 | 1,24 | 4 | 1,15 | 4 | 1,23 | 13 | 1,43 | 5 | 1,44 | 10 | 1,15 |
| 21 | 71 | 9 | 6 | 1,38 | 1 | 1,51 | 4 | 1,34 | 8 | 1,44 | 12 | 1,44 | 7 | 1,54 | 12 | 1,35 |
| 22 | 69 | 9 | 2 | 1,27 | 1 | 1,47 | 4 | 1,35 | 4 | 1,30 | 8 | 1,61 | 4 | 1,42 | 10 | 1,17 |
| 23 | 67 | 10 | 2 | 1,27 | 4 | 1,49 | 2 | 1,23 | 4 | 1,31 | 8 | 1,56 | 2 | 1,40 | 7 | 1,30 |
| 24 | 64 | 10 | 1 | 0,80 | 2 | 1,45 | 1 | 1,09 | 5 | 1,02 | 1 | 1,02 | 1 | 1,04 | 2 | 1,36 |
| 25 | 62 | 9 | 6 | 1,54 | 2 | 1,21 | 8 | 1,08 | 6 | 1,25 | 1 | 1,33 | 4 | 0,84 | 5 | 1,27 |
| 26 | 60 | 9 | 6 | 1,42 | 7 | 1,74 | 7 | 1,50 | 15 | 1,61 | 5 | 1,43 | 3 | 1,45 | 2 | 1,41 |
| 27 | 58 | 8 | 9 | 1,33 | 11 | 1,38 | 10 | 1,64 | 10 | 1,54 | 2 | 0,70 | 4 | 1,47 | 5 | 1,30 |
| 28 | 56 | 8 | 9 | 1,11 | 12 | 1,29 | 9 | 1,26 | 4 | 1,16 | 1 | 0,83 | 4 | 1,53 | 7 | 1,37 |
| 29 | 55 | 7 | 12 | 1,60 | 12 | 1,78 | 3 | 1,84 | 4 | 1,39 | 5 | 1,19 | 7 | 1,05 | 7 | 0,90 |
| 30 | 54 | 18 | 10 | 1,76 | 7 | 1,80 | 7 | 1,52 | 5 | 1,46 | 5 | 1,72 | 4 | 1,24 | 7 | 1,14 |
| 31 | 52 | 10 | 5 | 1,29 | 7 | 1,41 | 2 | 1,12 | 3 | 1,39 | 15 | 1,47 | 3 | 1,12 | 8 | 1,40 |
| 32 | 50 | 10 | 8 | 1,35 | 8 | 1,50 | 7 | 1,30 | 7 | 1,13 | 13 | 1,17 | 6 | 1,05 | 9 | 1,18 |
| 33 | 49 | 9 | 10 | 1,43 | 2 | 1,39 | 10 | 1,11 | 14 | 1,69 | 10 | 1,30 | 3 | 1,98 | 5 | 1,19 |
| 34 | 46 | 10 | 8 | 1,14 | 1 | 1,22 | 8 | 1,16 | 12 | 1,37 | 6 | 1,19 | 6 | 1,10 | 7 | 1,46 |
| 35 | 43 | 12 | 1 | 0,92 | 5 | 1,24 | 2 | 1,49 | 6 | 1,53 | 6 | 1,61 | 4 | 1,21 | 5 | 1,41 |
| 36 | 40 | 10 | 6 | 1,14 | 4 | 1,29 | 8 | 1,33 | 9 | 1,50 | 7 | 1,71 | 7 | 1,29 | 8 | 1,37 |

Продолжение таблицы 2

| №№ скважин | $H_п$, м | $M_п$, м | Вариант 8 | | Вариант 9 | | Вариант 10 | | Вариант 11 | | Вариант 12 | | Вариант 13 | | Вариант 14 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % |
| 1 | 101 | 3 | 11 | 1,32 | 6 | 1,11 | 7 | 1,18 | 3 | 1,24 | 3 | 1,77 | 3 | 1,68 | 3 | 1,40 |
| 2 | 99 | 3 | 18 | 1,26 | 17 | 1,37 | 11 | 1,27 | 12 | 1,17 | 8 | 1,33 | 6 | 1,54 | 5 | 1,26 |
| 3 | 97 | 4 | 15 | 1,27 | 16 | 1,17 | 21 | 1,40 | 11 | 1,30 | 5 | 1,41 | 7 | 1,12 | 8 | 1,77 |
| 4 | 95 | 4 | 6 | 1,20 | 11 | 1,18 | 4 | 2,17 | 11 | 1,18 | 17 | 0,64 | 13 | 1,27 | 12 | 1,27 |
| 5 | 93 | 5 | 3 | 1,20 | 9 | 1,21 | 6 | 1,38 | 16 | 1,26 | 13 | 1,36 | 2 | 1,19 | 8 | 1,63 |
| 6 | 92 | 6 | 9 | 1,36 | 8 | 1,30 | 2 | 1,52 | 8 | 1,30 | 4 | 1,10 | 14 | 1,39 | 18 | 1,82 |
| 7 | 91 | 6 | 14 | 1,39 | 8 | 1,14 | 7 | 1,17 | 7 | 1,12 | 9 | 1,26 | 8 | 1,49 | 5 | 1,14 |
| 8 | 89 | 6 | 18 | 1,39 | 15 | 1,39 | 11 | 1,11 | 14 | 1,69 | 11 | 1,02 | 4 | 0,76 | 8 | 2,07 |
| 9 | 88 | 4 | 7 | 1,21 | 7 | 1,30 | 10 | 1,29 | 9 | 1,25 | 13 | 0,63 | 7 | 1,13 | 11 | 1,19 |
| 10 | 87 | 3 | 8 | 1,30 | 6 | 1,43 | 13 | 1,46 | 14 | 1,56 | 20 | 1,33 | 6 | 1,54 | 11 | 1,11 |
| 11 | 85 | 6 | 10 | 1,19 | 7 | 1,18 | 20 | 1,21 | 13 | 1,32 | 12 | 1,16 | 11 | 1,09 | 7 | 1,59 |
| 12 | 83 | 7 | 9 | 1,28 | 12 | 1,34 | 11 | 1,34 | 16 | 1,30 | 11 | 1,05 | 16 | 1,26 | 3 | 1,32 |
| 13 | 82 | 7 | 8 | 1,21 | 7 | 1,34 | 12 | 1,36 | 6 | 1,17 | 7 | 1,27 | 2 | 1,70 | 6 | 1,42 |
| 14 | 81 | 8 | 6 | 1,14 | 15 | 1,31 | 10 | 1,32 | 8 | 1,28 | 9 | 1,23 | 5 | 1,44 | 1 | 1,49 |
| 15 | 80 | 5 | 15 | 1,28 | 10 | 1,38 | 8 | 1,25 | 7 | 1,25 | 6 | 1,26 | 6 | 1,24 | 10 | 1,15 |
| 16 | 79 | 8 | 10 | 1,25 | 12 | 1,22 | 10 | 1,16 | 6 | 1,23 | 2 | 1,49 | 9 | 1,18 | 2 | 1,30 |
| 17 | 77 | 8 | 5 | 1,27 | 6 | 1,15 | 8 | 1,26 | 6 | 1,23 | 4 | 1,96 | 4 | 1,18 | 6 | 1,38 |
| 18 | 76 | 9 | 4 | 1,36 | 5 | 1,12 | 5 | 1,14 | 5 | 1,15 | 4 | 1,52 | 8 | 1,32 | 5 | 1,24 |
| 19 | 75 | 8 | 8 | 1,44 | 5 | 1,23 | 7 | 1,27 | 3 | 1,21 | 2 | 1,30 | 8 | 1,25 | 8 | 1,36 |
| 20 | 73 | 10 | 4 | 1,20 | 6 | 1,44 | 2 | 1,25 | 1 | 1,3 | 1 | 1,34 | 5 | 1,05 | 6 | 1,12 |
| 21 | 71 | 9 | 9 | 0,82 | 12 | 1,54 | 1 | 1,30 | 4 | 1,64 | 2 | 1,3 | 4 | 1,26 | 6 | 1,16 |
| 22 | 69 | 9 | 10 | 1,24 | 11 | 1,50 | 4 | 1,45 | 6 | 0,87 | 2 | 1,16 | 4 | 1,12 | 10 | 1,23 |
| 23 | 67 | 10 | 11 | 1,13 | 17 | 1,67 | 4 | 1,09 | 4 | 1,03 | 1 | 1,39 | 2 | 1,95 | 8 | 1,39 |
| 24 | 64 | 10 | 10 | 1,51 | 8 | 1,50 | 3 | 1,50 | 4 | 1,15 | 4 | 1,13 | 1 | 1,45 | 2 | 1,33 |
| 25 | 62 | 9 | 2 | 1,66 | 12 | 1,28 | 6 | 1,42 | 3 | 1,28 | 5 | 0,81 | 3 | 1,06 | 1 | 1,09 |
| 26 | 60 | 9 | 5 | 1,48 | 9 | 1,27 | 7 | 1,12 | 3 | 1,27 | 2 | 1,08 | 3 | 1,32 | 1 | 1,35 |
| 27 | 58 | 8 | 10 | 1,32 | 8 | 1,32 | 4 | 1,65 | 4 | 1,10 | 6 | 1,28 | 1 | 1,12 | 7 | 1,14 |
| 28 | 56 | 8 | 12 | 1,36 | 5 | 1,62 | 9 | 1,74 | 6 | 1,46 | 6 | 1,48 | 1 | 1,63 | 6 | 1,23 |
| 29 | 55 | 7 | 9 | 1,13 | 13 | 1,51 | 6 | 1,46 | 7 | 1,13 | 5 | 1,33 | 5 | 1,12 | 7 | 1,13 |
| 30 | 54 | 18 | 6 | 1,07 | 9 | 1,27 | 4 | 1,43 | 8 | 1,83 | 4 | 1,29 | 3 | 1,01 | 1 | 0,75 |
| 31 | 52 | 10 | 7 | 1,44 | 7 | 1,26 | 4 | 1,07 | 5 | 2,32 | 4 | 1,54 | 3 | 1,26 | 2 | 0,72 |
| 32 | 50 | 10 | 7 | 1,46 | 9 | 1,50 | 4 | 1,32 | 8 | 1,48 | 7 | 1,51 | 3 | 0,71 | 1 | 0,77 |
| 33 | 49 | 9 | 12 | 1,71 | 8 | 1,32 | 7 | 1,41 | 4 | 1,11 | 1 | 1,18 | 1 | 0,60 | 1 | 0,70 |
| 34 | 46 | 10 | 13 | 1,69 | 8 | 1,32 | 4 | 1,23 | 4 | 1,31 | 3 | 1,31 | 2 | 1,77 | 2 | 0,86 |
| 35 | 43 | 12 | 9 | 1,70 | 12 | 1,49 | 7 | 1,35 | 1 | 1,48 | 1 | 1,00 | 3 | 0,73 | 1 | 1,18 |
| 36 | 40 | 10 | 8 | 1,36 | 7 | 1,68 | 6 | 1,35 | 1 | 1,10 | 2 | 0,81 | 2 | 0,75 | 1 | 0,90 |

Продолжение таблицы 2

| №№ скважин | $H_п$, м | $M_п$, м | Вариант 15 | | Вариант 16 | | Вариант 17 | | Вариант 18 | | Вариант 19 | | Вариант 20 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % | М, м | С, % |
| 1 | 101 | 3 | 9 | 1,15 | 9 | 1,37 | 5 | 1,72 | 7 | 1,46 | 8 | 1,07 | 9 | 1,71 |
| 2 | 99 | 3 | 10 | 1,51 | 6 | 1,19 | 5 | 1,30 | 2 | 1,09 | 5 | 1,32 | 6 | 1,15 |
| 3 | 97 | 4 | 6 | 1,23 | 8 | 1,44 | 10 | 1,36 | 9 | 1,18 | 11 | 1,74 | 8 | 1,62 |
| 4 | 95 | 4 | 4 | 1,12 | 5 | 1,13 | 9 | 1,04 | 10 | 1,31 | 13 | 1,93 | 6 | 1,93 |
| 5 | 93 | 5 | 4 | 1,26 | 6 | 1,25 | 5 | 1,25 | 9 | 1,59 | 6 | 1,38 | 10 | 1,87 |
| 6 | 92 | 6 | 10 | 1,25 | 8 | 1,19 | 14 | 1,27 | 6 | 1,90 | 2 | 1,90 | 9 | 1,09 |
| 7 | 91 | 6 | 12 | 1,23 | 5 | 1,08 | 6 | 1,39 | 11 | 1,62 | 4 | 1,69 | 8 | 1,45 |
| 8 | 89 | 6 | 13 | 1,13 | 8 | 1,23 | 6 | 1,27 | 13 | 1,08 | 3 | 1,97 | 6 | 0,98 |
| 9 | 88 | 4 | 15 | 1,34 | 7 | 1,17 | 5 | 1,12 | 10 | 1,21 | 5 | 1,66 | 8 | 1,74 |
| 10 | 87 | 3 | 16 | 1,26 | 12 | 1,23 | 12 | 1,28 | 10 | 1,14 | 9 | 1,45 | 6 | 1,09 |
| 11 | 85 | 6 | 10 | 1,15 | 14 | 1,12 | 11 | 1,11 | 7 | 1,27 | 14 | 1,11 | 2 | 1,17 |
| 12 | 83 | 7 | 8 | 1,43 | 6 | 1,13 | 5 | 1,12 | 7 | 1,43 | 5 | 1,53 | 5 | 1,74 |
| 13 | 82 | 7 | 3 | 1,05 | 6 | 1,30 | 6 | 1,26 | 3 | 1,58 | 2 | 1,29 | 9 | 1,13 |
| 14 | 81 | 8 | 6 | 1,56 | 6 | 1,20 | 2 | 1,11 | 5 | 1,99 | 7 | 1,64 | 10 | 1,38 |
| 15 | 80 | 5 | 6 | 1,30 | 11 | 1,25 | 11 | 1,27 | 2 | 1,74 | 9 | 1,16 | 8 | 1,45 |
| 16 | 79 | 8 | 4 | 1,08 | 6 | 1,45 | 14 | 1,41 | 2 | 1,17 | 11 | 1,48 | 7 | 1,03 |
| 17 | 77 | 8 | 8 | 1,63 | 7 | 1,29 | 9 | 1,36 | 5 | 1,46 | 12 | 1,30 | 5 | 1,09 |
| 18 | 76 | 9 | 2 | 1,14 | 11 | 1,27 | 8 | 1,18 | 8 | 1,83 | 6 | 1,42 | 9 | 1,35 |
| 19 | 75 | 8 | 9 | 1,26 | 8 | 1,15 | 6 | 1,26 | 4 | 1,40 | 7 | 1,01 | 5 | 1,61 |
| 20 | 73 | 10 | 2 | 1,31 | 1 | 1,22 | 8 | 1,10 | 12 | 1,59 | 4 | 1,65 | 6 | 1,73 |
| 21 | 71 | 9 | 2 | 118 | 4 | 1,34 | 9 | 1,51 | 10 | 1,66 | 8 | 1,59 | 9 | 1,54 |
| 22 | 69 | 9 | 2 | 1,03 | 9 | 1,30 | 12 | 1,29 | 13 | 1,73 | 6 | 1,22 | 14 | 1,86 |
| 23 | 67 | 10 | 2 | 1,13 | 3 | 1,41 | 12 | 1,36 | 10 | 1,78 | 3 | 1,04 | 8 | 1,40 |
| 24 | 64 | 10 | 5 | 1,52 | 6 | 1,12 | 5 | 1,27 | 7 | 1,62 | 17 | 1,25 | 8 | 1,15 |
| 25 | 62 | 9 | 5 | 1,77 | 4 | 1,29 | 4 | 1,49 | 8 | 1,84 | 15 | 1,93 | 13 | 1,47 |
| 26 | 60 | 9 | 1 | 1,54 | 3 | 1,63 | 2 | 1,3 | 18 | 1,39 | 6 | 1,78 | 8 | 1,80 |
| 27 | 58 | 8 | 3 | 1,23 | 4 | 1,02 | 4 | 1,55 | 14 | 1,31 | 10 | 1,42 | 7 | 1,33 |
| 28 | 56 | 8 | 4 | 1,21 | 2 | 1,36 | 1 | 1,28 | 6 | 1,12 | 4 | 1,83 | 8 | 1,06 |
| 29 | 55 | 7 | 4 | 1,26 | 8 | 1,10 | 4 | 1,15 | 17 | 1,28 | 6 | 1,12 | 14 | 1,97 |
| 30 | 54 | 18 | 3 | 1,34 | 4 | 1,36 | 1 | 1,39 | 9 | 1,21 | 7 | 1,98 | 9 | 1,42 |
| 31 | 52 | 10 | 4 | 1,05 | 3 | 1,22 | 3 | 1,37 | 4 | 1,05 | 13 | 1,65 | 10 | 1,06 |
| 32 | 50 | 10 | 2 | 0,82 | 1 | 1,02 | 2 | 0,93 | 10 | 1,49 | 16 | 1,79 | 9 | 1,18 |
| 33 | 49 | 9 | 1 | 0,70 | 1 | 1,34 | 1 | 0,90 | 8 | 1,31 | 10 | 1,84 | 12 | 1,85 |
| 34 | 46 | 10 | 1 | 0,85 | 1 | 0,90 | 1 | 0,75 | 12 | 1,43 | 5 | 1,67 | 15 | 1,71 |
| 35 | 43 | 12 | 1 | 0,96 | 1 | 0,90 | 3 | 1,23 | 6 | 1,08 | 6 | 1,82 | 13 | 1,64 |
| 36 | 40 | 10 | 1 | 0,90 | 1 | 0,85 | 4 | 0,75 | 5 | 1,33 | 2 | 1,51 | 8 | 1,23 |

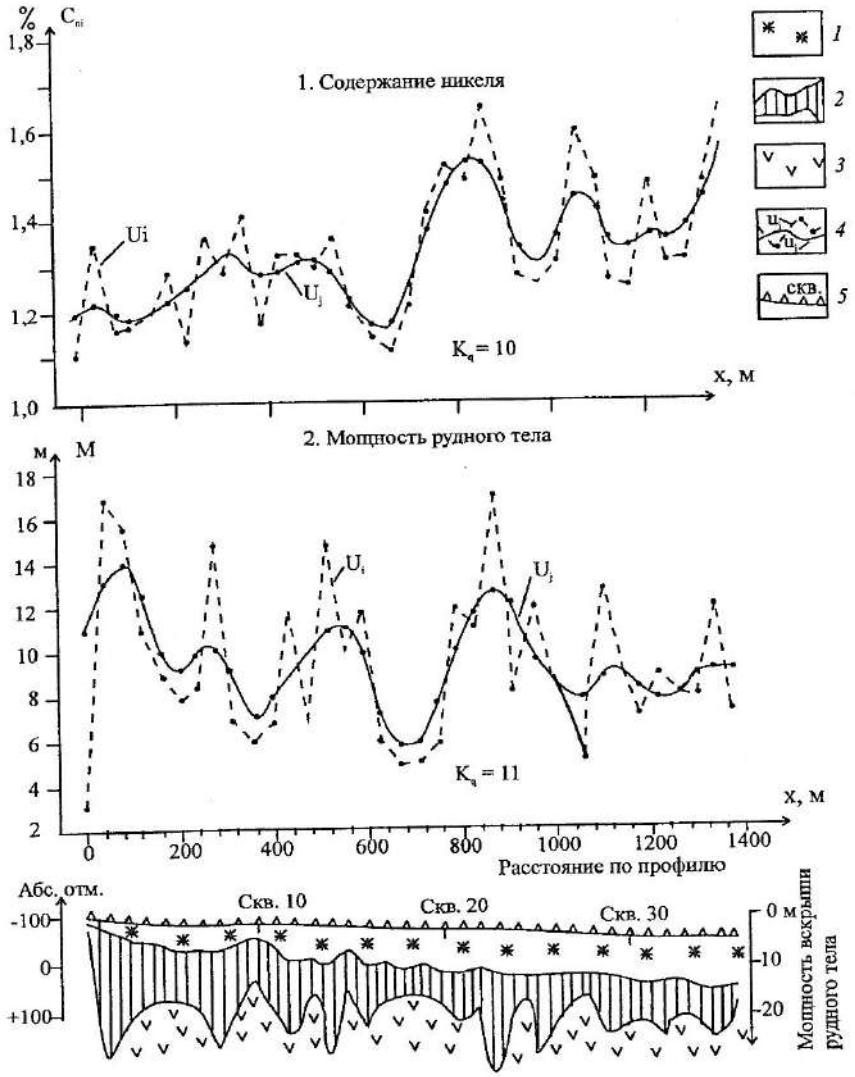



Рис. 2.1. Геолого-геохимический разрез по разведочному профилю: 1 – латериты покровные; 2 – рудное тело; 3 – серпентиниты выщелоченные; 4 – графики исходных ($U_i$) и аппроксимированных ($U_j$) наблюдений; 5 – устья разведочных скважин; К – количество экстремумов аппроксимирующей функции

## Расчетно-графическая работа № 3

### *Разведка и подсчет запасов методом разрезов*

**Исходные данные.** На медноколчеданном месторождении проведены оценочные работы, в результате которых в центральной части на участке детализации оконтурены запасы категории $C_1$ и на флангах и глубоких горизонтах – $C_2$.В результате установлено, что залежь достаточно крупная, имеет плитообразную (линзообразную) форму и довольно простое геологическое строение. По классификации ГКЗ месторождение может быть отнесено к первой или второй группам. Рекомендуемая плотность разведочной сети по категории $C_1$ для плитообразных тел I группы – 300х300 м, II группы – 100х150 м. С учетом предполагаемых размеров тела, в центральной части, отнесенной к категории $C_1$, создана сеть плотностью 200х100 м (Рис. 3.1).

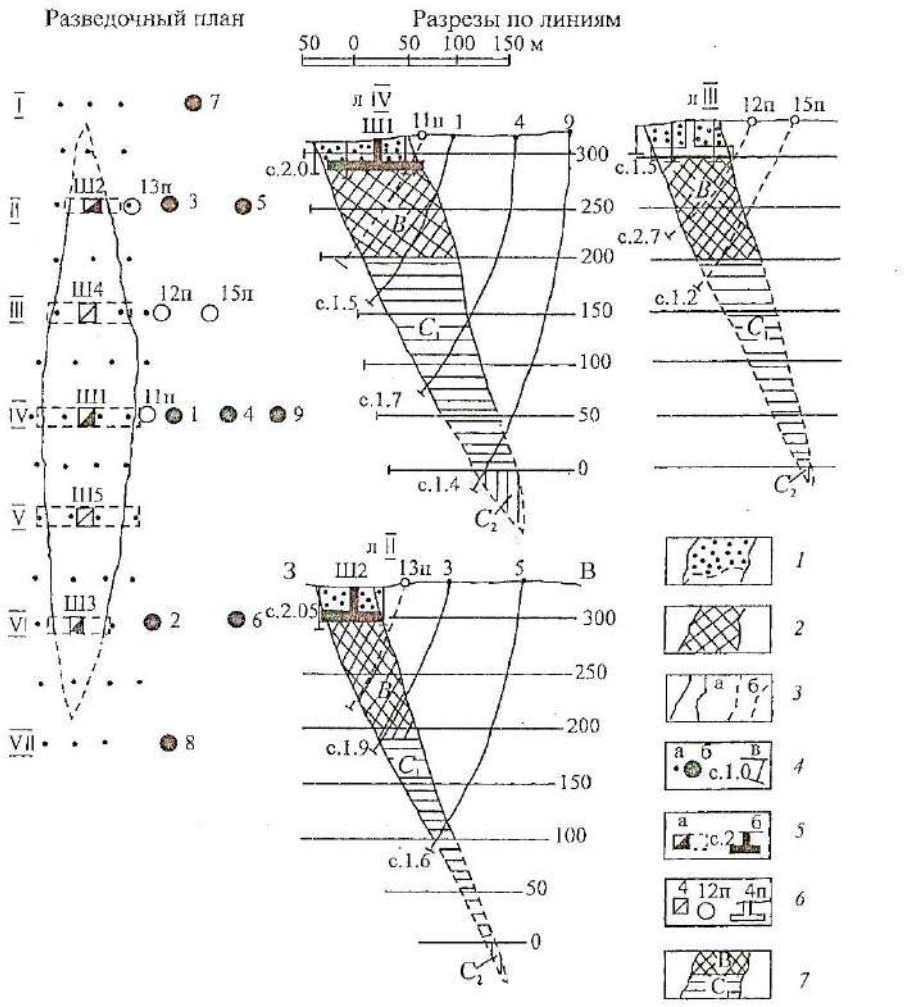



Рис. 3. 1. Проект разведки медноколчеданного месторождения: 1 – окисленные руды; 2 – первичные (сульфидные) руды; 3 – контуры рудных тел: а – установленные, б – предполагаемые; 4 – скважины: а – картировочные, б – разведочные, в – среднее содержание по выработке; 5 – шурфы с рассечками: а – на плане, б – на разрезе; 6 – проектные выработки, их номера; 7 – контуры блоков разных категорий

По результатам бурения вертикальных картировочных скважин по сети 50х20 м рудное тело оконтурено под покровом рыхлых отложений.

Пройдено три профиля – в центральной части (IV-IV) и на флангах (II-II, VI-VI). Расстояние между ними (по простиранию рудного тела) составляет 200 м, а между разведочными пересечениями на профиле (по падению) – 100 м. На каждом профиле с целью изучения зоны окисления и вскрытия первичных руд пройдены шурфы с рассечками, а также колонковые скважины. Глубина рассечек соответствует отметке +300 м, а скважины пересекают рудное тело на глубинах с отметками в среднем +200 и +100 м. Кроме того, на центральном профиле (IV-IV) пробурена глубокая скважина, вскрывшая рудную линзу на глубине с отметкой 0 м.

Результаты опробования выработок и скважин показаны на разрезах.

**Задание.** Обосновать и разработать методику разведки и выполнить проектный подсчет запасов месторождения.

**Содержание работы.**

1. Построить продольную вертикальную проекцию рудного тела.

2. Выполнить блокировку и категоризацию запасов.

3. Произвести определение параметров и подсчет запасов методом вертикальных сечений.

**Методические указания.** Для выполнения задания используются специальные бланки (Рис. 3.1) и миллиметровка. Все построения выполняются в масштабе 1:5000.

1. Работа начинается с проектирования дополнительных разведочных пересечений, необходимых для создания плотности сети, отвечающей требованиям ГКЗ. Медноколчеданные месторождения при относительно простом строении и крупных размерах разведуют до категории В. Запасы категории В должны быть выделены в той части месторождения, которая предназначена для первоочередной разработки, где будет закладываться карьер, то есть в центральной приповерхностной части, где оценочными работами оконтурены запасы категории $C_1$ – между профилями II-II и VI-VI по простиранию и от нижней границы зоны окисления до глубины с отметкой +200 м по падению.

Для перевода запасов категории $C_1$ в категорию В сеть сгущается в два раза, то есть, до 100х50 м. По простиранию посредине между разведочными линиями II-II и IV-IV проектируется дополнительная линия (уже обозначенная на бланке задания как III-III), а между линиями IV-IV и VI-VI – еще одна (обозначенная на бланке как V-V). На обеих проектных линиях планируются шурфы с рассечками, аналогичные пройденным на линиях II-II, IV-IV, VI-VI. Далее на линиях II-II, IV-IV, VI-VI посредине между рассечкой и первой от поверхности оценочной скважиной (Рис. 3.1, скв. №№ 1, 2, 3), проектируется дополнительная скважина. Расстояние между разведочными пересечениями измеряется в разрезе по средней линии рудного тела. Так как рассечка проходит по высотной линии +300 м, а скважина пересекает рудное тело на глубине с отметкой +200 м, то проектная скважина должна вскрыть руду на глубине с отметкой +250 м. На разрезе находится точка, в которой средняя линия пересекается с высотной линией +250 м, и через эту точку проводится ось проектной скважины, по аналогии со смежными оценочными выработками. Необходимо помнить, что скважина должна полностью пересечь рудное тело и пройти по вмещающим породам 3-5 м. Кроме того, угол встречи скважины с висячим боком рудного тела не должен быть менее $30^o$, иначе скважина может соскользнуть по контакту и не войти в руду.

Далее аналогичным образом следует запроектировать по две скважины на линиях III-III и V-V. Одна из них должна войти в рудное тело на глубине с отметкой +200 м, другая – +250 м, также как и на линиях II-II, IV-IV, VI-VI. При этом контуры рудного тела на линиях III-III и V-V следует продолжить, пользуясь морфологическим приемом, до глубины +200 м (то есть просто продлить уже имеющиеся границы). Таким образом, в центральной приповерхностной части рудного тела, между линиями II-II и VI-VI по прости-

ранию и от нижней границей зоны окисления до линии высоты +200 м, запасы будут разведаны по сети 100х50 м, что соответствует категории В.

Ниже, от высотной линии +200 м до нулевой, должны быть оконтурены запасы категории $C_1$, для которых плотность сети 200х100 м, следовательно, дополнительные разведочные линии III-III и V-V для категории $C_1$ не нужны и в расчет не принимаются, используются только разведочные линии II-II, IV-IV, VI-VI. По падению на линии IV-IV рудное тело пересекают с интервалом 100 м три скважины: №№ 1, 4 и 9 на глубине соответственно +200 м, +100 м и 0 м (Рис. 3), так что проектировать дополнительные выработки не нужно. В то же время на линиях II-II и VI-VI глубоких скважин при оценочных работах глубокие скважины не бурились, поэтому на этих линиях следует запроектировать по одной скважине, пересекающей рудное тело на глубине, соответствующей высотной отметке 0 м.

Наконец, оставшиеся подвешенными фланги и глубинная часть, расположенная ниже отметки 0 м, следует отнести к категории $C_2$.

Таким образом, проектируются следующие разведочные выработки:

а) 2 шурфа с рассечками на линиях III-III и V-V;

б) 9 скважин колонкового бурения: по одной на глубине +250 м на линиях II-II, IV-IV и VI-VI, по две на глубинах +250 м и +200 м на линиях III-III и V-V и по одной на глубине 0 м на линиях II-II и VI-VI.

Все проектные скважины и выработки выносятся на план. На разрезах на линии дневной поверхности измеряется расстояние от новой скважины до уже пройденной, или до границы рудного тела. Это расстояние откладывается на плане на соответствующем профиле от той же скважины.

2. Категоризация и блокировка запасов для крутопадающих тел показываются на вертикальной продольной проекции (рис. 3.2).

Проекция строится на миллиметровке в том же масштабе 1:5000. Вначале на проекцию выносятся вертикальные линии разведочных профилей и горизонтальные линии высот. Затем строится линия дневной поверхности. Удобно измерить на разрезе расстояние от линии высот +300 м до поверхности и отложить это расстояние на проекции по соответствующей этому разрезу вертикальной линии и соединить полученные точки. Аналогичным образом строится линия нижней границы зоны окисленных руд. Далее строятся границы тела на севере и на юге. На плане измеряется расстояние от профиля II-II до северного выклинивания рудного тела и от профиля VI-VI до южного выклинивания. Эти расстояния откладываются от тех же профилей соответственно на север и на юг на проекции. Линии дневной поверхности и нижней границы окисленных руд продлеваются до северной и южной границ рудной линзы. Наконец, нужно провести также предполагаемую нижнюю границу рудного тела. На разрезах II-II и VI-VI, по аналогии с разрезом IV-IV, необходимо выклинить рудное тело на глубине, снова воспользовавшись морфологическим приемом. Затем удобно измерить расстояние от нулевой высотной линии до точки выклинивания по всем трем разрезам и вынести эти точки на проекцию. Полученные три точки соединяются плавной линией между собой и с точками северного и южного выклинивания линзы, образуя контур рудного тела.

Построив, таким образом, нижнюю границу рудного тела, можно дорисовать глубокие части линзы на разрезах по линиям III-III и V-V. Для этого используется метод решения обратной задачи. На проекции по этим линиям измеряется расстояние по вертикали от нулевой линии до нижней границы тела, которое затем откладывается от нулевой линии на соответствующем разрезе. Средняя линия тела продлевается до полученной высотной отметки, образуя точку выклинивания рудного тела, с которой соединяются боковые границы, завершая контур линзы.

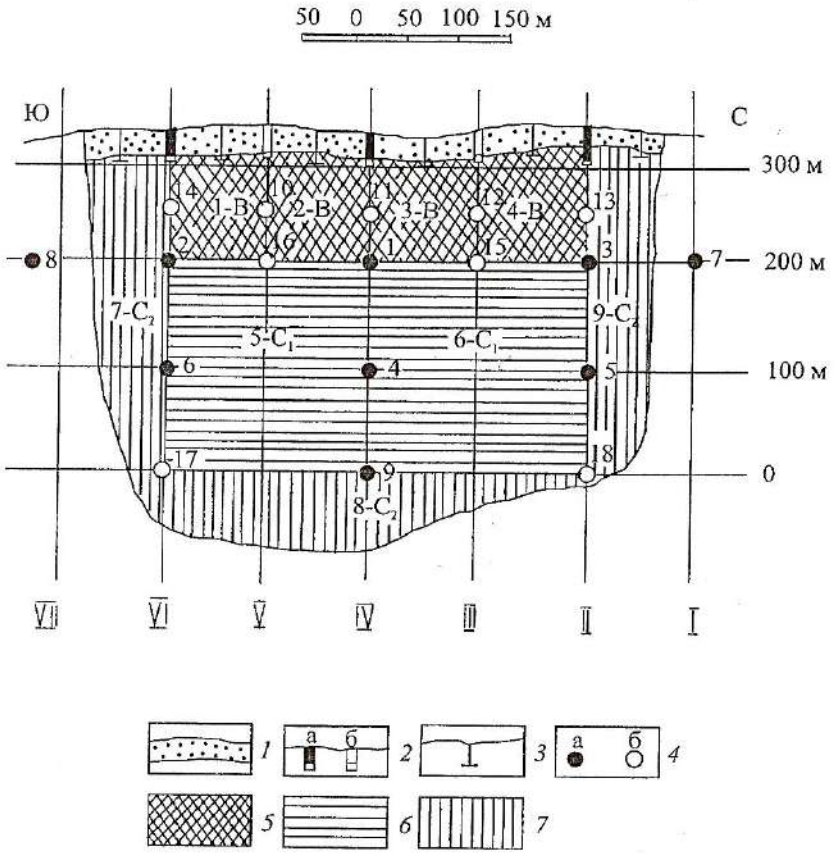



Рис. 3.2. Вертикальная продольная проекция залежи медноколчеданных руд: 1 – окисленные руды; 2 – шурфы с рассечками: а – пройденные, б – проектные; 3 – картировочные скважины; 4 – проекции точек пересечения оси рудного тела скважиной: а – пройденной, б – проектной; 5 – запасы категории В; 6 – запасы категории $C_1$; 7 – запасы категории $C_2$

На проекцию выносятся все пройденные и проектируемые горные выработки и буровые скважины. Для этого на разрезах фиксируется глубина пересечения скважиной или выработкой средней линии рудного тела. На этой глубине скважина или выработка помещается на проекции на соответствующем профиле. Проектные выработки показываются, как правило, красным цветом.

На проекции крапом показывают зону окисленных руд и штриховкой – категории запасов – сеточкой В, горизонтальной – $C_1$ и вертикальной – $C_2$. Блоки оконтуриваются между смежными разведочными линиями. От нижней границы зоны окисления до глубины с отметкой +200 м выделяются блоки категории В: между линиями VI-VI и V-V – блок 1-В, V-V и IV-IV – 2-В, IV-IV и III-III – 3-В, III-III и II-II – 4-В. Между линиями +200 м и 0 м расположатся блоки категории $C_1$ – между профилями VI-VI и IV-IV – блок 5-$C_1$, IV-IV и II-II- блок 6-$C_1$. На флангах и глубоких горизонтах (ниже 0 м) в контурах залежи показываются блоки категории $C_2$: к югу от профиля VI-VI – блок 7-$C_2$, к северу от профиля II-II – блок 9-$C_2$ и от нулевой отметки до нижней границы тела между профилями VI-VI и II-II – блок 8-$C_2$.

3. Проектирование завершается проектным подсчетом запасов.

Формуляр таблицы для подсчета представлен ниже в таблице 3.1. Столбцы 1 и 2 на формуляре уже заполнены. Затем на разрезах измеряются площади рудного тела в пределах категории запасов данного блока и заносятся в столбец 3. Далее необходимо определить среднюю мощность рудного тела в блоке. При этом формула для ее расчета зависит от разницы площадей на ограничивающих блок разрезах.

Если $S_1 \approx S_2$, и разница между ними не более 40 %, используется формула призмы: $S = (S_1 + S_2) / 2$.

Если разница между $S_1$ и $S_2$ больше 40 %, применяется формула усеченной пирамиды: $S = \frac{S1+S2+\sqrt{S1 \times S2}}{3}$.

Наконец, для крайних блоков, опирающихся на один разрез (7-$C_2$ и 9-$C_2$), средняя площадь рассчитывается по формуле клина: $S = S_1 / 2$.

Для нижнего блока (8-$C_2$) средняя площадь будет равна средней арифметической из трех площадей, измеренных на разрезах II, IV и VI от нуля до нижнего выклинивания.

Средняя площадь записывается в столбец 4. В столбец 5 заносится расстояние между ограничивающими разрезами, которое, в соответствии с плотностью сети, составляет 100 м для блоков категории В и 200 м – для $C_1$. Для блоков категории $C_2$ это расстояние измеряется на плане: от крайнего разреза VI до южного выклинивания рудного тела для блока 7-$C_2$ и от разреза II до северного выклинивания для блока 9-$C_2$. Самый глубокий блок 8-$C_2$ расположен между VI и II профилями, расстояние между ними составляет 400 м.

Средняя площадь (столбец 4) умножается на расстояние между разрезами (столбец 5), что дает объем руды (столбец 6). Объем обычно записывается в тыс. $м^3$ (табл. 3.1).

Далее объем руды умножается на объемную массу, которая в данной работе принята равной 4 $т/м^3$ (столбец 7), в результате получаются запасы руды (столбец 8). Так как объем выражен в тыс. $м^3$, то запасы руды будут в тыс. т. Запасы руды считаются для каждого из блоков и суммарно по категориям ($\Sigma$ В, $\Sigma$ $C_1$, $\Sigma$ В+$C_1$, $\Sigma$ $C_2$, $\Sigma$ В+$C_1$+$C_2$).

Для подсчета запасов металла, в нашем случае, меди, необходимо рассчитать среднее содержание меди. Определение среднего содержания, как и других параметров подсчета запасов, выполняется в три этапа: 1 – по каждой выработке, 2 – по каждому сечению (разрезу), 3 – по каждому блоку.

Среднее содержание меди в пройденных выработках написано на бланке задания возле каждой из них (Рис. 3). Содержание в проектных скважинах и рассечках определяется как среднее между близлежащими пройденными. Так, на профиле IV-IV проектная скважина 11п находится между рассечкой и скважиной 1. Содержание в рассечке 2,0 %, в скважине 1 – 1,5 %. Содержание в проектной скважине 11п рассчитывается как среднее арифметическое между этими значениями, то есть составит (2,0 + 1,5) / 2 = 1,75 %. На линии II-II содержание меди в проектной скважине 13п равно среднему между содержаниями в рассечке и пройденной скважине 3, то есть (2,05 + 1,90) / 2 = 1,975 %. Для проектных скважин, подсекающих рудное тело на глубине отметки 0 м следует принять содержание в вышележащей скважине (например, на линии II – в скв. 5, то есть 1,6 %). На дополнительных линиях III-III и V-V пройденных выработок нет, проектное содержание принимается как среднее по аналогичным выработкам на смежных линиях. Так, для рассечки на профиле III-III следует взять среднее по рассечкам на линиях II-II и IV-IV: (2,00 + 2,05) / 2 = 2,025 %. Для скважины 12п содержание определяется как среднее по скважинам 11п и 13п, расположенных на той же глубине на смежных линиях II-II и IV-IV, и так далее.

Таблица 3.1

Формуляр подсчета запасов

| Номера блоков, категории запасов | Разрезы, ограничивающие блок | Площадь рудного тела | | Расстояние между разрезами, l, м | Объем блока, V, тыс. $м^3$ | Объемная масса руды, d, $т/м^3$ | Запасы руды, Q, тыс. т | Среднее содержание меди в блоке, С, %масс | Запасы металла, Р, тыс. т |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | В разрезах, $S_i$, $м^2$ | Средняя, S, $м^2$ | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1-В | VI | 3125 | 5155 | 100 | 515,5 | 4,0 | 2062 | 1,94 | 56,9 |
| | V | 7500 | | | | | | | |
| 2-В | V | 7500 | 7812 | 100 | 781,2 | 4,0 | 3125 | 1,82 | 56,9 |
| | IV | 8125 | | | | | | | |
| 3-В | IV | 8125 | 8125 | 100 | | 4,0 | | | |
| | III | 8125 | | | | | | | |
| 4-В | III | 8125 | | 100 | | 4,0 | | | |
| | II | 4685 | | | | | | | |
| Σ В* | | | | | | | + | | + |
| 5-$С_1$ | VI | 4687 | | 200 | | 4,0 | | | |
| | IV | 11875 | | | | | | | |
| 6-$С_1$ | IV | 11875 | | 200 | | 4,0 | | | |
| | II | 5000 | | | | | | | |
| Σ $С_1$ | | | | | | | + | | + |
| Σ В+$С_1$ | | | | | | | + | | + |
| 7-$С_2$ | VI | | | 75 | | 4,0 | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 8-$С_2$ | VI | 625 | | 400 | | 4,0 | | | |
| | IV | 1875 | | | | | | | |
| | II | 625 | | | | | | | |
| 9-$С_2$ | II | | | 75 | | 4,0 | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Σ $С_2$ | | | | | | | + | | + |
| Σ В+$С_1$+$С_2$ | | | | | | | + | | + |

*Строки со знаком Σ заполняются только для двух столбцов – 8 (запасы руды, Q) и 10 (запасы металла, Р)

Далее следует второй этап – определение среднего содержания по разведочным линиям. Для расчета удобно использовать таблицу, формуляр которой представлен ниже (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Определение среднего содержания по разрезам

| Номера разрезов | Категория запасов | Среднее содержание по выработкам, %масс. | Среднее по разрезу, %масс. |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| II* | B | Р II – 2,08; скв. 10п – 1,975; скв. 3 – 1,9 | 1,975 |
| | $C_1$ | Скв. 3 – 1,9; скв. 5 – 1,6; скв. 17п – 1,6 | 1,70 |
| III | B | Р III – 2,04; скв. 13П – 1,87; скв. 14П – 1,7 | 1,87 |
| IV | B | Р IV – 2,0; скв. 11П - | 1,76 |
| | $C_1$ | | 1,53 |
| V | B | | 1,88 |
| VI | B | | 2,0 |
| | $C_1$ | | 1,6 |

* Для линии II-II показан пример расчета среднего содержания по категориям

Наконец, для третьего этапа – определения среднего содержания по блокам, удобно использовать формуляр, приведенный ниже (табл. 3.3). Здесь средние содержания в разрезах для категорий B и $C_1$ (столбец 3) берутся из предыдущей таблицы 3.2 (столбец 4). Для примера в таблице поставлены средние содержания по категориям B и $C_1$ для линии II. Из двух средних содержаний по смежным разрезам, ограничивающим блок, определяется среднее арифметическое, которое является средним по блоку и записывается в столбец 4.

Для блоков категории $C_2$ средние содержания также нужно рассчитать. Так, блок 7-$C_2$ опирается полностью на разрез VI. На линии VI находятся 5 разведочных пересечений: шурф с рассечкой, две пройденные скважины и две проектные. Для каждой определено содержание меди. Среднее по блоку 7-$C_2$ определяется как среднее арифметическое по всем пяти содержаниям. Аналогичным образом, но по выработкам линии II, находится среднее содержание для блока 9-$C_2$. Наконец, для блока 8-$C_2$, расположенного ниже глубины с отметкой 0 м, среднее содержание определяется по трем скважинам, подсекающим рудное тело на отм. 0 м.

Среднее содержание по блокам переносится в столбец 9 таблицы подсчета запасов (табл. 3.1).

Чтобы получить запасы металла, нужно запасы руды (столбец 8) умножить на среднее содержание (столбец 9) и на 0,01, чтобы избавиться от процентов. Так как запасы руды подсчитаны в тысячах тонн, то и запасы металла получаются в тех же единицах. Для запасов меди, как и для запасов руды, необходимо подсчитать суммы по категориям ($\Sigma$ B, $\Sigma$ $C_1$, $\Sigma$ B+$C_1$, $\Sigma$ $C_2$, $\Sigma$ B+$C_1$+$C_2$).

4. Запасы попутных полезных компонентов определяются, исходя из соотношения, установленного по результатам оценочных работ: Cu:Zn:S = 1:0,8:40. Кроме того, в руде присутствует золото в количестве 1,5 г/т. Чтобы получить запасы цинка, нужно суммарные запасы меди ($\Sigma$ B+$C_1$+$C_2$) умножить на 0,8, серы – на 40. Запасы золота рассчитываются аналогично запасам меди: суммарные запасы руды ($\Sigma$ B, $\Sigma$ $C_1$, $\Sigma$ B+$C_1$, $\Sigma$ $C_2$, $\Sigma$ B+$C_1$+$C_2$) умножаются на содержание золота 1,5 г/т и на $10^{-6}$, чтобы избавиться от граммов/тонну. При этом запасы руды удобнее взять не в тыс. т, а в тоннах.

Таблица 3.3

Определение среднего содержания по блокам

| Номер блока | Разрезы, ограничивающие блок | Среднее содержание в разрезах, %масс. | Среднее содержание в блоках, %масс |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1-В | VI | 2,0 | 1,94 |
| | V | 1,88 | |
| 2-В | V | 1,88 | 1,82 |
| | IV | 1,76 | |
| 3-В | IV | | |
| | III | | |
| 4-В | III | | |
| | II | 1,975* | |
| 5-$C_1$ | IV | | |
| | IV | | |
| 6-$C_1$ | IV | | |
| | II | 1,70* | |
| 7-$C_2$ | VI | Содержание во всех выработках линии, включая проектные | Среднее по всем выработкам линии |
| 8-$C_2$ | VI | Содержание в скважине на отм. 0 м | Среднее по выработкам на отм. 0 м |
| | IV | Содержание в скважине на отм. 0 м | |
| | II | Содержание в скважине на отм. 0 м | |
| 9-$C_2$ | II | Содержание во всех выработках линии, включая проектные | Среднее по всем выработкам линии |

* Значения взяты из таблицы 3.2 и поставлены здесь в качестве примера

В заключение работы определяется коэффициент разведанности (η) по формуле:

$\eta = (\Sigma Q\ B) / (\Sigma Q\ B+C_1) \times 100\ \%$.

При подземной разработке коэффициент разведанности должен быть не менее 20 %, при открытой – может достигать 60-80 %.

Время выполнения работы 6 часов.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 3].

Для выполнения задания студенты получают одинаковые бланки (Рис. 3.1), но оконтуривание каждый выполняет индивидуально, и результаты подсчета запасов разными студентами различаются.

$P_{Cu}$ = 500 тыс. т

$P_{Zn} = P_{Cu} \times 0,8$ = 400 тыс. т

$P_S = P_{Cu} \times 40$ = 20 000 тыс. т

$P_{Au} = Q \times 1,5 \times 10^{-3}$ т

**Расчетно-графическая работа № 4**
***Оконтуривание рудного тела в разрезе***

**Исходные данные.** По данным эксплуатационной разведки построен поперечный разрез пластообразной залежи гипергенных никелевых руд. Расстояние между скважинами 10-15 м. Длина керновых проб 2 м. Содержание никеля указано рядом с соответствующим интервалом опробования на бланке задания. Фрагмент разреза представлен на рис. 4.1.

**Задание.** Провести контуры балансовых и забалансовых руд в разведочном сечении и определить линейный запас никеля.

**Содержание работы.** Выполнить:

а) оконтуривание балансовых руд по каждой скважине и по разрезу;

б) оконтуривание прослоев пустых пород и некондиционных руд внутри залежи;

в) оконтуривание забалансовых руд;

г) расчет параметров подсчета запасов по каждой скважине и по разрезу;

д) подсчет запасов и анализ связи количества и качества полезных ископаемых.

Пример выполнения задания показан на рис. 4.1.

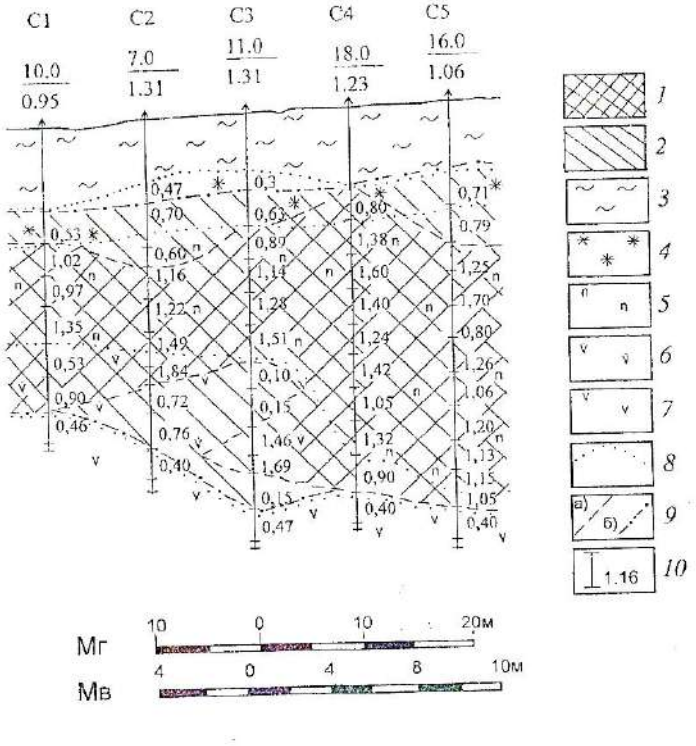



Рис. 4.1. Оконтуривание рудного тела в разрезе (Сб – 0,8 %):

в – верхняя, н – нижняя отметки (глубины) выклинивания рудной линзы в м; 1, 2, 3 – точки пересечения плоскости оруденелой зоны с горизонтальной плоскостью; a, b, c, d, e, f – точки проецирования контура линзы на горизонтальную плоскость по линии каждого разреза

**Методические указания.** Оконтуривание запасов выполняется на основании кондиционных показателей, главными из которых являются:

а) бортовое содержание основного полезного компонента;

б) минимальное промышленное содержание основного полезного компонента;

в) минимальная промышленная (рабочая) мощность;

г) максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд.

Бортовое и минимальное промышленное содержание повариантно приводятся в таблице 4.1. Рабочая мощность и максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд принимаются по 2 м во всех вариантах.

Таблица 4.1

Промышленные кондиции для оконтуривания залежи

| Номера вариантов | Бортовое содержание, % | Минимальное промышленное содержание, % | Номера вариантов | Бортовое содержание, % | Минимальное промышленное содержание, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,60 | 0,95 | 11 | 0,80 | 1,10 |
| 2 | 0,62 | 0,95 | 12 | 0,82 | 1,10 |
| 3 | 0,64 | 1,00 | 13 | 0,84 | 1,15 |
| 4 | 0,66 | 1,00 | 14 | 0,86 | 1,15 |
| 5 | 0,68 | 1,10 | 15 | 0,88 | 1,20 |
| 6 | 0,70 | 1,10 | 16 | 0,90 | 1,20 |
| 7 | 0,72 | 1,15 | 17 | 0,92 | 1,25 |
| 8 | 0,74 | 1,15 | 18 | 0,94 | 1,25 |
| 9 | 0,76 | 1,20 | 19 | 0,96 | 1,30 |
| 10 | 0,78 | 1,20 | 20 | 0,98 | 1,30 |

Оконтуривание проводится в три последовательных этапа:

1 – по каждой скважине (горной выработке);

2 – по каждому разведочному сечению (горизонтальному или вертикальному);

3 – по залежи в целом.

В данной работе рассматриваются первые два этапа процесса оконтуривания. Построения выполняются в следующей последовательности.

1. Вначале залежь оконтуривается по бортовому содержанию с учетом рабочей мощности. На каждой скважине намечаются верхняя и нижняя точки рудного тела, то есть точки кровли и подошвы. Точка кровли соответствует верхней границе первой от поверхности кондиционной пробы, точка подошвы – нижней границе первой снизу кондиционной пробы. Точки кровли и подошвы на соседних скважинах соответственно соединяются, образуя линии кровли и подошвы рудной залежи. При этом суммарная мощность рудного интервала по скважине не должна быть меньше минимальной промышленной (рабочей) мощности, иначе скважина в контур не включается, в результате чего контур распадается на отдельные рудные тела. Если внутри залежи имеются скважины с некондиционным (ниже бортового) содержанием полезного компонента, они также исключаются из контура, что опять же нарушает целостность залежи. Обычно это происходит при относительно высоких значениях бортового содержания или рабочей мощности. Как правило, в таких случаях считается целесообразным снизить кондиционные показатели и получить единый контур.

Боковые границы проводят по середине расстояния между рудной (кондиционной) и безрудной (некондиционной) скважинами, учитывая направление распространения линий кровли и подошвы, то есть, пользуясь морфологическим приемом. Если в результате оконтуривания получилось несколько тел, каждое из них оконтуривается отдельно.

2. Далее следует проанализировать внутреннее строение залежи в границах контура. Если по какой-либо скважине подряд встречаются некондиционные интервалы, то их суммарная мощность не должна превышать максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд. В обратном случае некондиционные интервалы также исключаются из контура. Их верхняя и нижняя границы проводятся соответственно по верхней и нижней точкам некондиционных интервалов, а боковые – по середине рас-

стояния между соседними скважинами с кондиционными и некондиционными параметрами.

3. Контур рудного тела, проведенный по кондиционным показателям, содержит балансовые руды и показывается штриховкой (сеткой на рис. 4.1). Кроме того, целесообразно оконтурить забалансовые руды, которые выделяются по более низким, чем кондиционные, показателям. Для силикатных никелевых руд обычно в качестве такого показателя принимается содержание никеля 0,5 %. Контур забалансовых руд строится по тем же правилам, что и для балансовых, и также показывается штриховкой, но другого вида (косой полоской на рис. 4.1).

4. Оконтурив залежь, определяют параметры для подсчета запасов, к которым относятся мощность, содержание и метропроцент (произведение мощности на содержание). Расчет параметров производится строго в той же последовательности, что и оконтуривание: 1 – по каждой скважине (горной выработке); 2 – по каждому разведочному сечению (горизонтальному или вертикальному); 3 – по залежи в целом. В данной работе также выполняются первые два этапа.

Вначале для каждой скважины определяется суммарная мощность интервалов кондиционных руд. Интервалы некондиционных руд внутри залежи, исключенные из рабочего контура, в подсчет не включаются. Некондиционные интервалы с мощностью ниже допустимой, оставленные в контуре, обязательно учитываются в расчете параметров. Суммарная мощность записывается возле номера скважины в числителе, над дробной чертой (Рис. 4.1).

Затем опять же для каждой скважины рассчитывается среднее содержание никеля, как среднее арифметическое по всем пробам, включенным в контур по данной скважине. Как и в случае с мощностью, интервалы некондиционных руд внутри залежи, исключенные из рабочего контура, в подсчет не включаются, а оставленные в контуре обязательно учитываются. Среднее содержание никеля по скважине также записывается возле номера скважины в знаменателе, под дробной чертой.

Далее для каждой скважины определяется метропроцент – произведение суммарной мощности (числитель) на среднее содержание (знаменатель). Значение метропроцента также записывается на свободном месте возле номера скважины.

5. Следующий этап – определение параметров подсчета запасов по сечению разведочной линии.

Средняя мощность (Мср) по разрезу определяется как среднее арифметическое по всем скважинам. Суммируются мощности по всем скважинам, включенным в контур (*Mi*), и полученная сумма делится на количество скважин (*n*):

Мср = $\sum_1^n Mi : n$

Среднее содержание (Сср) рассчитывается как средневзвешенное на мощность. Для этого суммируются метропроценты по всем скважинам, и полученная сумма делится на сумму мощностей:

Сср = $\sum_1^n (Mi \text{ x } Ci) : \sum_1^n Mi$

Значение среднего содержания сравнивается с еще одним кондиционным показателем – минимальным промышленным содержанием (табл. 4.1). Если среднее содержание по разрезу окажется ниже минимального промышленного, то руды переводятся в забалансовые.

6. Для балансовых руд определяется линейный запас никеля по формуле:

P = Lпр x Мср x h x d x Сср x 0,01, где:

Lпр – длина залежи по простиранию; измеряется на разрезе в соответствии с масштабом, м;

Мср – средняя мощность рудного тела по разрезу, м;

h – толщина слоя, при определении линейного запаса принимается равной 1 м;

d – объемная масса руды, 1,15 т/м$^3$;

Сср – среднее содержание никеля по разрезу, % (коэффициент 0,01 в формуле применяется, чтобы избавиться от процентов).

7. В заключение работы проводится исследование связи количественных и качественных показателей руды. Для этого составляются бригады из 5 человек: первая бригада – варианты 1-5, вторая – 6-10, третья – 11-15 и четвертая – 16-20. Бригада совместно строит график, на котором по вертикальной оси откладывается линейный запас никеля в тоннах, а по горизонтальной оси – величина бортового содержания никеля, в %. Линия зависимости строится, таким образом, по пяти точкам, каждая из которых соответствует результатам расчетов одного студента. Вид линии должен подтвердить зависимость подсчитанных запасов от принятых кондиций.

Все чертежи должны иметь заголовок, ориентировку и масштаб.

Время выполнения работы 2 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 3].

## Расчетно-графическая работа № 5
### *Подсчет запасов методом геологических блоков*

**Исходные данные.** На месторождении вольфрама жильного типа разведана одна из рудных жил (Рис. 5.1). На поверхности жила вскрыта канавами через 20-30 м. На глубине 20-25 м она подсечена рассечками из шурфов, а на глубине около 100 м – скважинами, пройденными через 100-120 м. Жила падает под углом 75$^{o}$ на восток. Протяженность жилы по простиранию 350 м, по падению – более 100 м, мощность 0,2-2,0 м, содержание триоксида вольфрама колеблется от 0,1 до 2,3 %. По сложности геологического строения месторождение относится ко второй группе по Инструкции ГКЗ.

**Задание.** Выполнить подсчет запасов триоксида вольфрама по жиле методом геологических блоков. Кондиции для подсчета запасов повариантно представлены в таблице 5.1.

**Содержание работы.** Построить:

а) вертикальную продольную проекцию жилы;

б) контуры балансовых руд с блокировкой и категоризацией запасов.

Выполнить:

в) расчет средних значений параметров подсчета запасов;

г) подсчет запасов методом геологических блоков.

Рис. 5.1. Подсчет запасов вольфрама методом геологических блоков:

1 – кварц-вольфрамитовая жила; 2 – разведочные выработки: а – канавы, б – шурфы, в – скважины; 3 – параметры: номер выработки (слева), мощность жилы, м (числитель), содержание $WO_3$ (знаменатель)

Таблица 5.1

Кондиции для подсчета запасов вольфрама

| Номер варианта | Бортовое содержание, %масс | Минимальная рабочая мощность, м | Минимальный метропроцент, м% |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,20 | 0,70 | 0,140 |
| 2 | 0,25 | 0,70 | 0,175 |
| 3 | 0,30 | 0,70 | 0,210 |
| 4 | 0,35 | 0,70 | 0,245 |
| 5 | 0,40 | 0,70 | 0,280 |
| 6 | 0,45 | 0,70 | 0,315 |
| 7 | 0,20 | 0,75 | 0,150 |
| 8 | 0,25 | 0,75 | 0,188 |
| 9 | 0,30 | 0,75 | 0,225 |
| 10 | 0,35 | 0,75 | 0,263 |
| 11 | 0,40 | 0,75 | 0,300 |
| 12 | 0,45 | 0,75 | 0,338 |
| 13 | 0,20 | 0,80 | 0,160 |
| 14 | 0,25 | 0,80 | 0,200 |
| 15 | 0,30 | 0,80 | 0,240 |
| 16 | 0,35 | 0,80 | 0,280 |
| 17 | 0,40 | 0,80 | 0,320 |
| 18 | 0,45 | 0,80 | 0,360 |

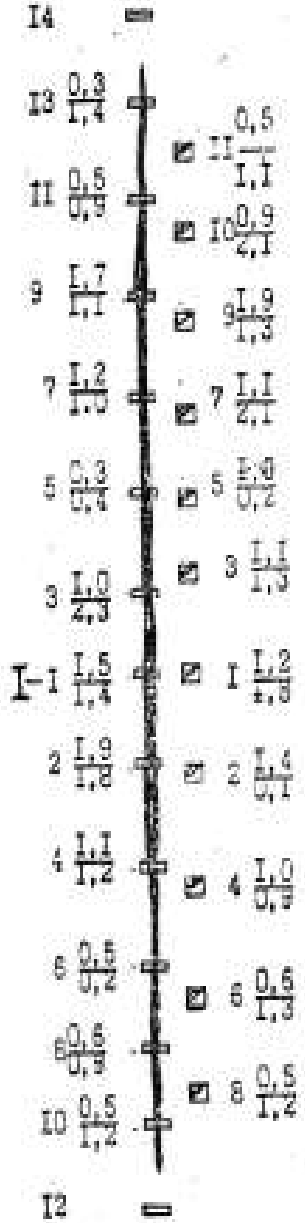
| | | | |
|---|---|---|---|
| 19 | 0,20 | 0,85 | 0,170 |
| 20 | 0,25 | 0,85 | 0,213 |
| 21 | 0,30 | 0,85 | 0,255 |
| 22 | 0,35 | 0,85 | 0,298 |
| 23 | 0,40 | 0,85 | 0,340 |
| 24 | 0,45 | 0,85 | 0,385 |
| 25 | 0,20 | 0,90 | 0,180 |
| 26 | 0,25 | 0,90 | 0,225 |
| 27 | 0,30 | 0,90 | 0,270 |
| 28 | 0,35 | 0,90 | 0,315 |
| 29 | 0,40 | 0,90 | 0,360 |
| 30 | 0,45 | 0,90 | 0,405 |

КАФЕДРА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С.Х.

Разведочный план
масштаб I:2000

ЗАДАНИЕ № 2.1

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ТРИОКСИДА ВОЛЬФРАМА
В КВАРЦ-ВОЛЬФРАМИТОВОЙ ЖИЛЕ МЕТОДОМ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ




КОНДИЦИИ:

Минимальная рабочая мощность..... м

Минимальное промышленное содержание .....%

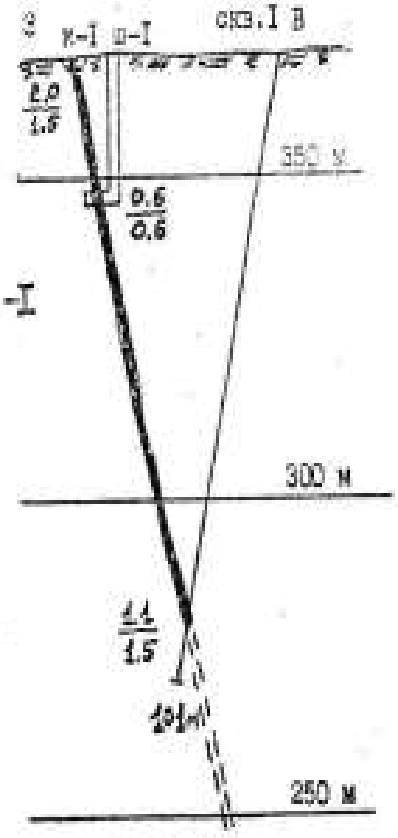
Минимальный метропроцент.....м%

● скв. 2 0,8 / I,7

● скв. I I,I / 2,5 -I

● скв. 3 0,5 / 0,8

РАЗРЕЗ ПО I-I




Условные обозначения: -почвенно-растительный слой; -кварц-вольфрамитовая жила; - канавы; - шурфы с расчистками; - скважины: 2 0,8 скважа номер выработки, числитель - мощность жилы в м; знаме I,8 натель- содержание $WO_3$,%

Задание выполнил
студент
группа

Задание проверил
преподаватель

**Методические указания.** Размеры жильного тела по простиранию и падению значительно превышают третий параметр – мощность, в связи с чем на бланке задания (Рис. 5.1) разведочный план построен в масштабе 1:2000, а разрез составлен в двух масштабах – по горизонтали также 1:2000, но по вертикали в два раза крупнее – 1:1000.

1. Продольная вертикальная проекция строится на отдельном листе миллиметровки, по тем же правилам, что и в ранее выполненных работах по геометризации рудной линзы (РГР № 1) и разведке медноколчеданного месторождения (РГР № 3). Определенное отличие состоит в том, что, как и на бланке задания, горизонтальный масштаб целесообразно принять 1:2000, а вертикальный – 1:1000. Образец построения проекции представлен на рис. 5.2.

Длина проекции по простиранию и расположение поверхностных горных выработок (канав и шурфов) снимается с плана (Рис. 5.1). Положение рассечек и скважин определяется по разрезу, то есть линия рассечек пройдет на глубине 25 м от поверхности, а линия скважин – на глубине 90 м по (вертикали). Возле каждой выработки подписывается ее номер и рядом с ним дробное выражение, в котором в числителе указывается истинная мощность жилы в метрах, а в знаменателе – содержание триоксида вольфрама в процентах.

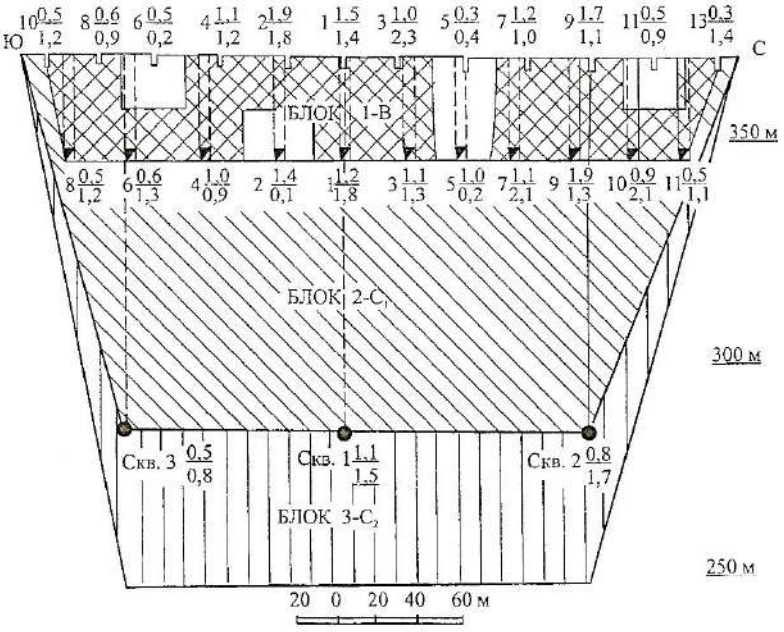



Рис. 5.2. Вертикальная продольная проекция кварц-вольфрамитовой жилы с блокировкой запасов

2. Далее производится оконтуривание балансовых руд по кондиционным показателям (табл. 5.1). Если содержание триоксида вольфрама в выработке (скважине) меньше бортового – она исключается из контура. Если содержание в выработке выше бортового, но мощность меньше минимальной, то решение о включении выработки в контур решается с помощью минимального метропроцента, то есть произведения мощности и содержания. Если метропроцент по выработке не ниже минимального промышленного, то она включается в контур, если ниже – нет. При этом из контура балансовых запасов полностью исключается зона влияния некондиционной выработки, которая распространяется по простиранию – на половину расстояния до следующей аналогичной выработки, а на глубину – на половину расстояния между поверхностью и линией рассечек, как это показано на примере (рис. 5.2).

Далее выделяются блоки. Первый, наиболее разведанный, относится к категории В. Его верхней границей является дневная поверхность, а нижней – линия рассечек. Южная граница блока проводится на поверхности от первой с юга канавы или шурфа с кондиционными рудами до первой с юга рассечки также с кондиционными рудами на линии рассечек. Аналогично строится северная граница. Контур блока 1-В показывают зеленым цветом или штриховкой в сеточку, исключая выработки с некондиционными рудами с их зонами влияния (Рис. 5.2).

Ниже блока 1-В будет располагаться блок 2-$С_1$. Верхняя граница его проходит по линии рассечек, а нижняя – по линии скважин. Южная граница получается при соединении южной точки выклинивания жилы на поверхности с южной рудной скважиной на линии скважин, северная – аналогично. Контур блока показывают голубым цветом или косой штриховкой (рис. 5.2).

Так как по данным бурения жила продолжается на глубину, то имеются основания «подвесить» к блоку 2-$С_1$ снизу еще один блок 3-$С_2$. Верхняя граница этого блока пройдет по линии скважин, а высота (точнее, глубина) принимается равной половине высоты блока, к которому производят подвешивание, 2-$С_1$, то есть, 30 м (половину от 60 м), что соответствует линии глубин 250 м (рис. 5.1, 5.2). От крайних скважин откладывается на глубину по 30 м (до отм. 250 м), и полученные точки соединяются с южным и северным выклиниваниями жилы на поверхности. Контур запасов категории $С_2$ показывают желтым цветом или вертикальной штриховкой.

После оконтуривания, блокировки и категоризации запасов можно приступать к их подсчету. В первую очередь, для каждого блока нужно определить основные подсчетные параметры – среднюю мощность, среднее содержание, площадь и коэффициент рудоносности.

3. При расчете средней мощности и среднего содержания удобно использовать формуляр, пример которого представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Расчет средних параметров по блокам*

| Блок 1-В | | | | Блок 2-$С_1$ | | | | Блок 3-$С_2$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номера выработок | m, м | с, % | mc, м% | Номера выработок | m, м | с, % | mc, м% | Номера выработок | m, м | с, % | mc, м% |
| К-10 | 0,5 | 1,2 | 0,6 | Ш-8 | 0,5 | 1,2 | 1,6 | С-3 | 0,5 | 0,8 | 0,4 |
| К-8 | | | | Ш-6 | | | | С-2 | | | |
| К-4 | | | | Ш-4 | | | | С-1 | | | |
| К-2 | | | | Ш-1 | | | | | | | |
| К-1 | | | | Ш-3 | | | | | | | |
| К-3 | | | | Ш-7 | | | | | | | |
| К-7 | | | | Ш-9 | | | | | | | |
| К-9 | | | | Ш-10 | | | | | | | |
| К-13 | | | | Ш-11 | | | | | | | |
| Ш-8 | 0,5 | 1,2 | 1,6 | С-3 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | | | | |
| Ш-6 | | | | С-1 | | | | | | | |
| Ш-4 | | | | С-2 | | | | | | | |
| Ш-1 | | | | | | | | | | | |
| Ш-3 | | | | | | | | | | | |
| Ш-7 | | | | | | | | | | | |
| Ш-9 | | | | | | | | | | | |
| Ш-10 | | | | | | | | | | | |
| Ш-11 | | | | | | | | | | | |
| Сумма | + | | + | | + | | + | | + | | + |
| Среднее | + | + | | | + | + | | | + | + | |

* В таблицу для примера включены выработки, соответствующие рис. 5.2, для некоторых из них вынесены мощность и содержание и рассчитан метропроцент. Остальные клетки таблицы заполняются аналогичным образом

Как видно из таблицы, для каждого блока выписываются все включенные в подсчет запасов выработки, содержание триоксида вольфрама и мощность жилы в каждой из них, а также метропроцент. Для блока 1-В в их число войдут канавы и шурфы, для блока 2-$C_1$ в подсчете участвуют шурфы с рассечками и скважины, для блока 3-$C_2$ – только скважины. Очевидно, что исключенные из рабочего контура выработки с некондиционными рудами в расчетах не участвуют, учитываются только выработки и скважины, вскрывшие руды с кондиционными показателями.

Расчеты средних значений параметров по блокам выполняются способом средневзвешенного:

$$M_{ср} = \sum_1^N \frac{Mi}{N},$$

$$C_{ср} = \frac{\sum_1^N MiCi}{\sum_1^N Mi},$$

где $M_{ср}$ и $C_{ср}$ – средние значения мощности и содержания по профилю, $M_i$ и $C_i$ – мощность и содержание по отдельным скважинам соответственно, N – количество скважин.

4. Площадь подсчетных блоков определяется геометрическим способом с использованием формул для расчета площади трапеции и прямоугольника:

$$S_{трапеции} = \frac{a+b}{2} x\ h,$$

где S – площадь, a и b – основания, h – высота трапеции.

$$S_{прямоугольника} = x\ b,$$

где S – площадь, a и b – стороны прямоугольника.

Так, для блока 1-В нужно определить общую площадь трапеции ($S_o$), меньшее основание которой измеряется между первой и последней кондиционными рассечками по линии рассечек, большее – между первой и последней кондиционными канавами на линии дневной поверхности, а высота равна расстоянию по вертикали от линии поверхности до линии рассечек. Затем нужно посчитать площадь безрудной части ($S_б$), как суммарную площадь прямоугольников, соответствующих зонам влияния некондиционных выработок, и вычесть ее из площади трапеции. В результате получится площадь рудной части блока на вертикальной проекции ($S_р$).

Однако, как видно на разрезе (Рис. 5.1), жила имеет угол падения $75^o$, поэтому ее истинная площадь будет несколько отличаться от вертикальной, измеренной на проекции. Используя простейшие тригонометрические функции, можно легко вывести формулу для истинной площади:

$$S_{истинная} = \frac{S_{вертикальная}}{Sin\ 75}.$$

Sin $75^o$ округленно равен 0,97, так что истинная площадь будет немного больше, чем вертикальная.

По блоку 1-В определяется также площадной коэффициент рудоносности ($K_р$), который затем распространяется на остальные блоки. Площадной коэффициент рудоносности – это отношение площади рудной части блока ко всей его площади:

$$K_р = \frac{S_р}{S_o},\ S_р = S_o - S_б.$$

Чтобы определить площадь блока 2-$C_1$, нужно вначале посчитать площадь трапеции, меньшим основанием которой является расстояние между скважинами 3 и 2, измеренное на проекции по линии скважин, а большим – длина жилы по простиранию, изме-

ренная по линии дневной поверхности. Высота этой трапеции соответствует расстоянию по вертикали от поверхности до линии скважин. Теперь, чтобы получить площадь блока 2-$C_1$, нужно из полученной величины вычесть общую площадь блока 1-В ($S_o$). Эту вертикальную площадь также следует привести к истинной, разделив на 0,97 (Sin 75$^o$).

Наконец, чтобы определить площадь блока 3-$C_2$, вначале нужно посчитать площадь самой большой трапеции, отвечающей общим контурам проекции (Рис. 5.2), и вычесть из него площадь трапеции, включающей блоки В и $C_1$, уже использованную выше для блока 2-$C_1$, и привести вертикальную площадь к истинной, также разделив на 0,97 (Sin 75$^o$).

5. Получив все необходимые параметры, можно приступать к подсчету запасов. Формуляр таблицы подсчета запасов приводится ниже (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Формуляр подсчета запасов методом геологических блоков

(S – площадь блоков, м$^2$, M – средняя мощность, м, V – объем блока, м$^3$, D – объемная масса, т/м$^3$, Q – запасы руды, т, C – среднее содержание металла, %масс, $K_р$ – коэффициент рудоносности, P – запасы металла, т)

| Номера блоков | S | M | V | D | Q | C | $K_р$ | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-В* | 7000 | 1,5 | 10500 | 2,8*** | 29400 | 1,2 | -** | 352,8 |
| 2-$C_1$ | | | | | | | | |
| 3-$C_2$ | | | | | | | | |
| Итого: В+$C_1$+$C_2$ | | | | | + | | | + |

*Для примера условно показан расчет запасов для блока 1-В

**Коэффициент рудоносности учитывается при подсчете запасов блоков 2-$C_1$ и 3-$C_2$, для блока 1-В включения некондиционных руд уже учтены при расчете площади

***Объемная масса руды принимается одинаковой для всех блоков – 2,8 т/м$^3$

6. Необходимо также определить коэффициент разведанности месторождения (η) как отношение запасов руды категории В к сумме запасов В+$C_1$:

$$\eta = \frac{Q\,(B)}{Q\,(\mathrm{B}+C_1)} \text{ x } 100\ \%.$$

7. Наконец, в заключение делается вывод о масштабе объекта, учитывая, что месторождения вольфрама в коренных породах считаются крупными при запасах более 100 тыс. т $WO_3$, средними – 10-100, мелкими – менее 10.

Все чертежи должны иметь заголовок, ориентировку и масштаб.

Время выполнения работы 2 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 3].

## Расчетно-графическая работа № 6
### *Оконтуривание и подсчет запасов россыпного месторождения*

**Исходные данные.** В геологическом строении аллювиальной алмазоносной россыпи выделяется три горизонта (снизу вверх): а – валунно-гравийных отложений, б – песчано-гравийных отложений с прослоями глин и алевритов, в – глинисто-алевритистых отложений с прослоями песков. Разведочный план россыпи представлен на рис. 6.1, геологические разрезы – на рис. 6.2, 6.3, 6.4.

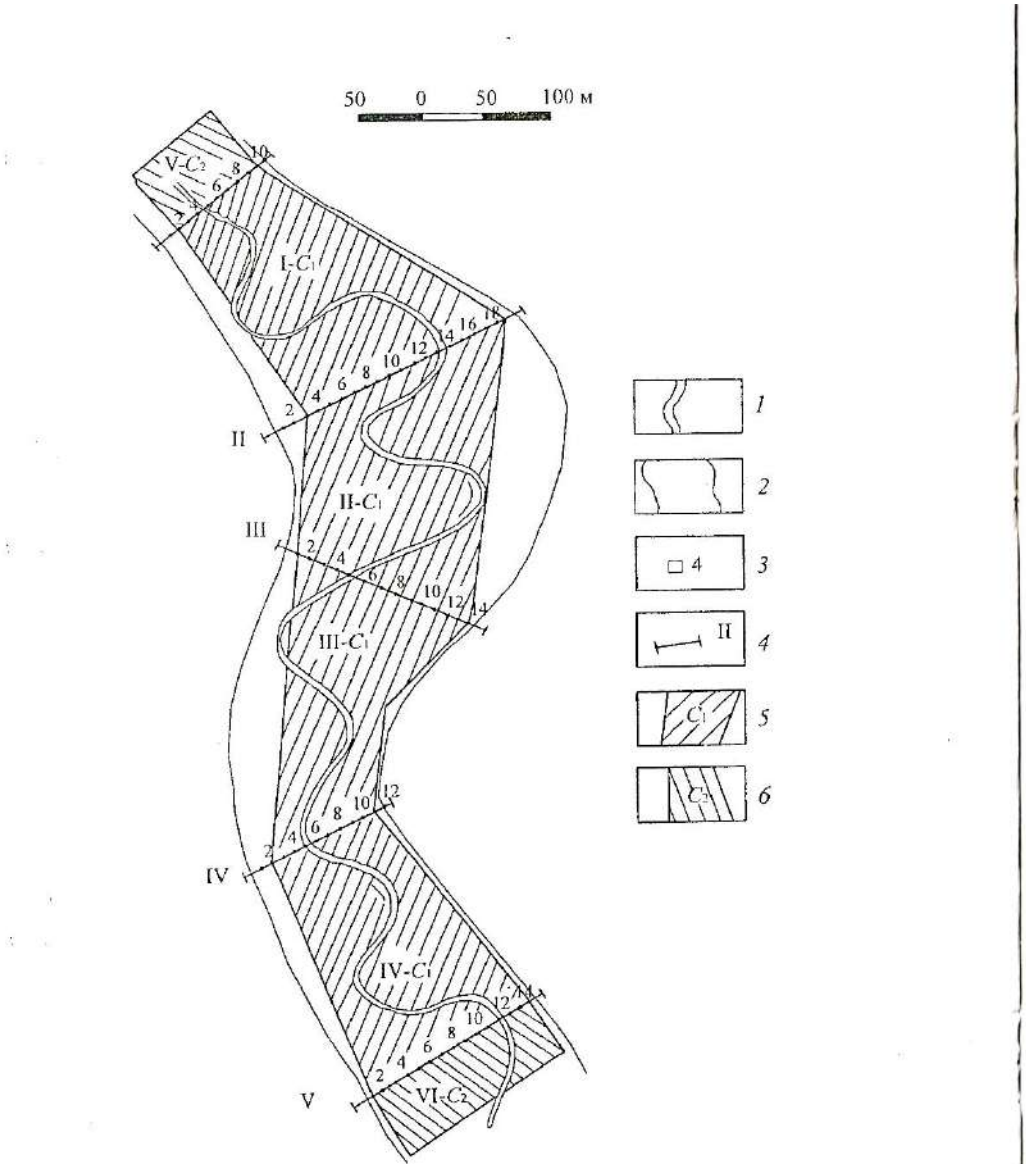



Рис. 6.1. Разведочный план алмазоносной россыпи: 1 – русло реки; 2 – контур речной долины; 3 – разведочные шурфы, их номера; 4 – разведочные линии, их номера; 5 – контуры блоков категории $C_1$; б – то же категории $C_2$

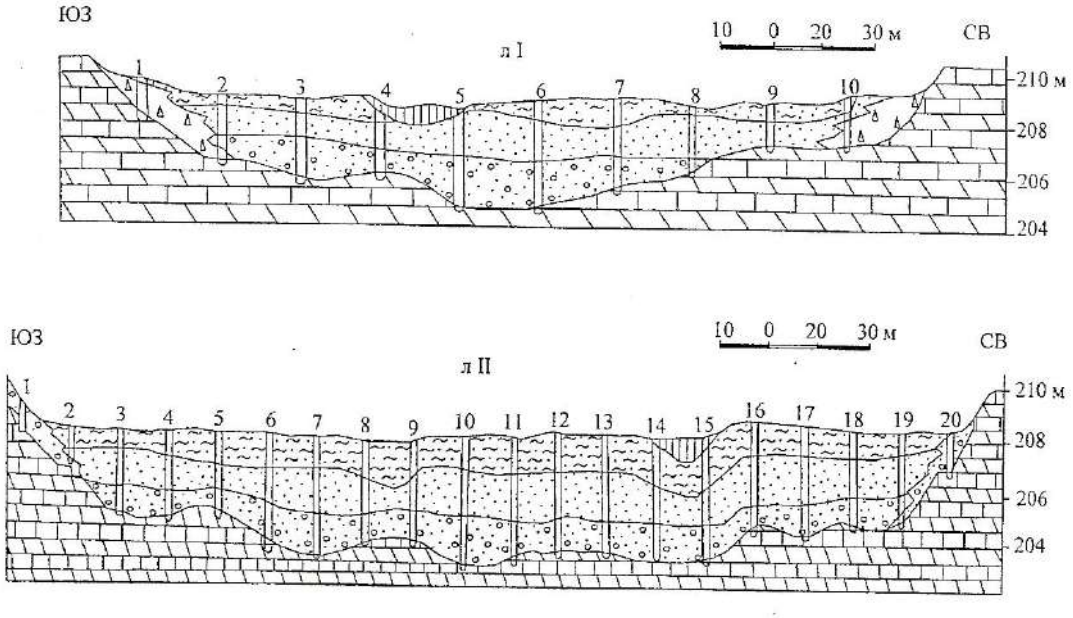



Рис. 6.2. Геологические разрезы по линиям I и II алмазоносной россыпи. Обозначения на рис. 6.4

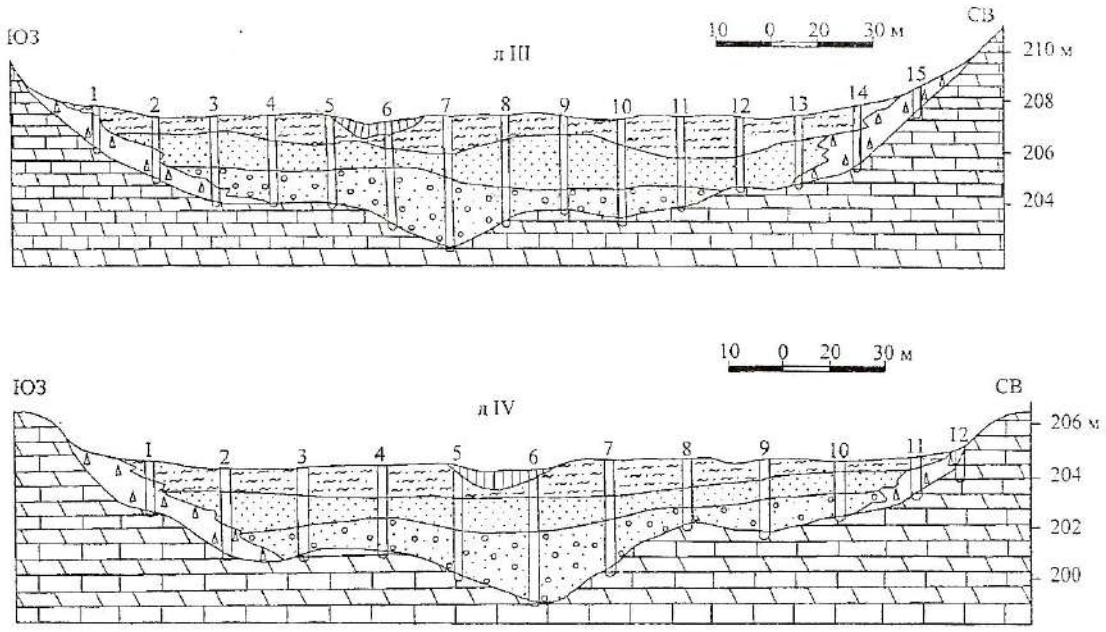



Рис. 6.3. Геологические разрезы по линиям III и IV. Обозначения на рис. 6.4

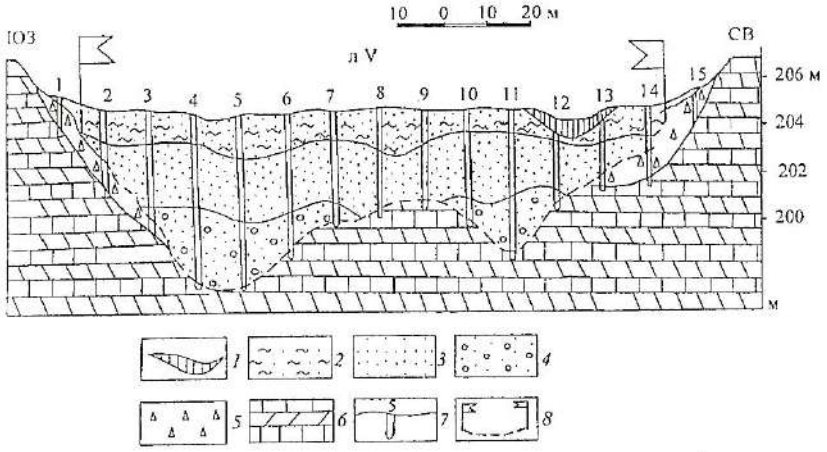



Рис. 6.4. Геологический разрез по линии V: 1 – русловые отложения; 2 – песчано-глинистые отложения; 3 – песчано-гравийные отложения с прослоями глин; 4 – песчано-гравийно-галечные отложения с валунами; 5 – коллювиальные отложения; 6 – известняки, доломиты; 7 – шурф, его номер; 8 – контур подсчетного блока (в разрезе)

Аллювиальные алмазоносные россыпи, как правило, разведуются горным способом, системой непараллельных вертикальных сечений. При этом применяют сети с расстоянием между линиями в 10-20 раз больше, чем между выработками на линии.

По инструкции ГКЗ россыпь относится к 3-й группе по сложности геологического строения. Разведку подобных месторождений рекомендуется проводить траншеями или шурфами, заданными по линиям, расположенным на расстоянии 100-200 м при расстоянии между шурфами в линии 10-20 м.

Участок алмазоносной россыпи разведан по сети 200 х 10 м шурфами сечением 1,25 м$^2$. Проведено валовое опробование россыпи секциями длиной 0,5-1,5 м. Алмазоносными оказались все три слоя рыхлых отложений. Усредненные данные опробования по шурфам приведены в табл. 6.1.

Кондиционные показатели россыпи повариантно даны в таблице 6.2.

**Задание.** Рассчитать содержание алмазов в пробах, оконтурить залежь, определить параметры подсчета запасов, произвести подсчет методом геологических разрезов и определить их экономическое значение.

**Содержание работы.** Работа включает последовательное выполнение следующих операций:

а) по разрезам определить мощность каждой литологической разновидности (секции) в каждом шурфе;

б) рассчитать содержание алмазов (кар/м$^3$) в каждой литологической разновидности (секции) по каждому шурфу;

в) на основании кондиционных показателей оконтурить продуктивные отложения по каждому шурфу;

г) оконтурить рудное тело по каждому разрезу;

д) оконтурить залежь в плане;

е) определить параметры для подсчета запасов;

ж) подсчитать запасы и определить их экономическое значение (балансовые или забалансовые).

Таблица 6.1

Результаты валового опробования шурфов (масса алмазов дана в мг)

| Номера линий | Номера секций | Номера шурфов | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| I | 1 | - | 112 | 131 | 63 | 62 | 75 | 70 | 318 | 56 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2 | - | 62 | 125 | 483 | 744 | 1334 | 582 | 655 | 157 | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | 6 | 698 | 352 | 3858 | 1230 | 829 | 530 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| II | 1 | - | 7 | 68 | 419 | 57 | 24 | 12 | 57 | 101 | 56 | 306 | 120 | 150 | 57 | 68 | 56 | 42 | 106 | 50 |
| | 2 | - | 7 | 122 | 838 | 287 | 437 | 148 | 842 | 560 | 369 | 479 | 647 | 762 | 345 | 469 | 189 | 195 | 806 | 202 |
| | 3 | - | - | 455 | 1197 | 68 | 6 | 175 | 697 | 1270 | 1682 | 847 | 1306 | 540 | 207 | 69 | 194 | 299 | 263 | 75 |
| III | 1 | 19 | 100 | 442 | 213 | 173 | 76 | 132 | 25 | 131 | 112 | 356 | 137 | 118 | 74 | 6 | - | - | - | - |
| | 2 | - | 732 | 1100 | 790 | 961 | 193 | 418 | 354 | 805 | 817 | 598 | 406 | 231 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | 261 | 716 | 562 | 1126 | 4306 | 134 | 832 | 847 | 860 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IV | 1 | 7 | 75 | 205 | 202 | 217 | 431 | 195 | 93 | 218 | 124 | 57 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2 | - | 109 | 611 | 649 | 1022 | 850 | 747 | 235 | 224 | 694 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | 7 | 137 | 534 | 480 | 3607 | 2625 | 124 | 216 | 81 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| V | 1 | 8 | 1 | 6 | 8 | 143 | 25 | 30 | 18 | 14 | 6 | 25 | 207 | 6 | 14 | 6 | - | - | - | - |
| | 2 | - | 24 | 155 | 379 | 511 | 522 | 133 | 125 | 87 | 151 | 606 | 430 | 167 | 68 | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | 149 | 667 | 681 | 238 | 130 | - | - | 137 | 910 | 818 | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица 6.2

Кондиции для оконтуривания россыпи

| Номер варианта | Бортовое содержание алмазов, кар/м$^3$ | Минимальное промышленное содержание алмазов по блоку, кар/м$^3$ | Номер варианта | Бортовое содержание алмазов, кар/м$^3$ | Минимальное промышленное содержание алмазов по блоку, кар/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,20 | 0,5 | 11 | 0,40 | 1,4 |
| 2 | 0,22 | 0,6 | 12 | 0,42 | 1,5 |
| 3 | 0,24 | 0,7 | 13 | 0,44 | 1,6 |
| 4 | 0,26 | 0,8 | 14 | 0,46 | 1,7 |
| 5 | 0,28 | 0,9 | 15 | 0,48 | 1,8 |
| 6 | 0,30 | 1,0 | 16 | 0,50 | 1,9 |
| 7 | 0,32 | 1,0 | 17 | 0,52 | 2,0 |
| 8 | 0,34 | 1,1 | 18 | 0,54 | 2,1 |
| 9 | 0,36 | 1,2 | 19 | 0,56 | 2,2 |
| 10 | 0,38 | 1,3 | 20 | 0,58 | 2,3 |

**Методические указания**

1. Работа начинается с определения содержания алмазов в пробах ($C_i$) в каратах на кубометр (кар/м$^3$). Для этого необходимо массу алмазов в пробе, выраженную в миллиграммах ($P_i$), разделить на ее объем ($V_i$) и на 200, так как один карат составляет 200 мг:

$$Ci = \frac{P_i}{V_i \text{ x } 200}.$$

Чтобы получить объем пробы, измеряем на разрезе длину соответствующей секции, выражаем ее в метрах и умножаем на сечение шурфа (1,25 м$^3$).

Для расчетов удобно составить таблицу, формуляр которой дан ниже (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Определение содержания алмазов в пробах*

| Номер линии | Номер шурфа | Номер секции | Сечение шурфа, м$^2$ | Длина секции, м | Объем секции, м$^3$ | Масса алмазов | Содержание алмазов |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $P_i$, мг | $C_i$, кар/м$^3$ |
| I | 2 | 1 | 1,25 | 0,4 | 0,50 | 112 | 1,12 |
| | | 2 | “ | 1,2 | 1,50 | 62 | 0,21 |
| | | 3 | “ | 0,6 | 0,75 | 6 | 0,04 |
| | 3 | 1 | “ | 0,4 | 0,50 | 131 | 1,31 |
| | | 2 | “ | 0,9 | 1,125 | 125 | 0,56 |
| | | 3 | “ | 1,6 | 2,00 | 698 | 1,745 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| II | 2 | 1 | “ | 1,0 | 1,25 | 7 | 0,03 |
| | | 2 | “ | 0,4 | 0,5 | 7 | 0,07 |
| | 3 | 1 | “ | 0,7 | 0,875 | 68 | 0,39 |
| | | 2 | “ | 1,5 | 1,875 | 122 | 0,33 |
| | | 3 | “ | 1,0 | 1,25 | 455 | 1,82 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| III | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| IV | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| V | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

*Для примера в таблицу занесены два шурфа первой линии и два шурфа второй. Аналогичным образом выполняется расчет содержания алмазов по всем пробам россыпи

2. Далее по бортовому содержанию (табл. 6.2) рудное тело оконтуривается, как обычно, в три этапа:

1 – по отдельным выработкам;

2 – по разведочным линиям;

3 – по залежи в целом на плане.

Вначале в каждом шурфе отмечается положение кровли, которая пройдет по верхней границе первой от поверхности кондиционной секции (пробы). Затем определяется положение подошвы – по нижней границе первой снизу кондиционной секции (пробы). Точки кровли и подошвы соответственно соединяются. Боковые границы россыпи проводятся по средине расстояния между последним шурфом с кондиционным содержанием и первым шурфом с некондиционным содержанием или безрудным. Если безрудные или с некондиционным содержанием выработки оконтурятся внутри россыпи, залежь окажется разбита на две или даже более части. На практике в таких случаях предпочтительнее снизить бортовое содержание, чтобы получить сплошное тело, хотя и более низкокачественных руд.

Крайние точки, в том числе и внутренние, выносятся с разрезов на план и последовательно соединяются, образуя контур залежи на горизонтальной проекции. За пределы крайних разведочных линий (I и V) залежь может быть экстраполирована, по крайней мере, на четверть расстояния между линиями (Рис. 6.1).

3. Следующим шагом работы является блокировка и категоризация запасов. Главными критериями при этом служат форма россыпи в плане и степень разведанности запасов. Блоки, заключенные между двумя смежными линиями, следует отнести к категории $C_1$; таких блоков будет 4: I-$C_1$ между линиями I и II, II-$C_1$ – между линиями II и III, III-$C_1$ – между линиями III и IV и IV-$C_1$ – между линиями IV и V. Блоки, экстраполированные за пределы разведочных линий, отвечают категории $C_2$; таких блоков два: V-$C_2$ – к северу от линии I и VI-$C_2$ – к югу от линии V.

4. Подсчет запасов алмазов способом геологических блоков выполняется по следующей схеме: S x $M_{ср}$ = V; V x $C_{ср}$ = P, где:

S – площадь блока,

$M_{ср}$ – средняя мощность по блоку,

V – объем блока,

$C_{ср}$ – среднее содержание алмазов в блоке,

P – запасы алмазов в блоке.

Площадь блоков определяется геометрически на плане. Так как разведочные линии не параллельны, то блоки, как правило, имеют в плане форму неправильных четырехугольников или даже многоугольников. Для определения площади их удобно разделить на треугольники, площадь которых легко рассчитать:

$$S_{треугольника} = \frac{l \; x \; h}{2},$$

где $S_{треугольника}$ – площадь треугольника, l – длина стороны треугольника, h – высота, проведенная к этой стороне из противолежащей вершины. Сторона и высота треугольника измеряются на плане и выражаются в метрах в соответствии с масштабом плана; площадь, соответственно, в $м^2$. Каждый блок разбивается на два или три треугольника, и площадь блока определяется как сумма площадей образующих его треугольников.

5. Средняя мощность и среднее содержание также рассчитываются в обычной последовательности: 1 – по каждой выработке, 2 – по каждой линии, 3 – по блоку в целом. Для расчетов удобно использовать формуляр, приведенный в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Расчет средней мощности и среднего содержания по подсчетным блокам

($М_ш$ – суммарная мощность залежи по шурфу; $С_ш$ – среднее содержание алмазов по шурфу; $М_р$ – средняя мощность залежи по разрезу; $С_р$ – среднее содержание алмазов по разрезу; $М_б$ – средняя мощность залежи по блоку; $С_б$ – среднее содержание алмазов по блоку)

| Номера разрезов | Номера шурфов | $М_ш$, м | $С_ш$, кар/м$^3$ | $М_р$, м | $С_р$, кар/м$^3$ | $М_б$, м | $С_б$, кар/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| I | 2 | 1,6 | 0,665 | 2,3 | 0,85 | 1,95 | 0,73 |
| | 3 | 2,9 | 1,205 | | | | |
| | … | … | … | | | | |
| | 10 | 0,2 | 0,36 | | | | |
| II | 3 | 3,2 | 0,85 | 1,6 | 0,61 | | |
| | … | … | … | | | | |
| III | … | … | … | … | … | … | … |
| IV | … | … | … | … | … | … | … |
| V | … | … | … | … | … | … | … |

Расчет средних параметров проводится внутри контура залежи, то есть учитываются только секции с кондиционным содержанием алмазов. Так, если бортовое содержание, к примеру, 0,20 кар/м$^3$, то на линии I в шурфе 2 (табл. 6.3) в расчете будут участвовать секция 1 с содержанием 1,12 кар/м$^3$ и секция 2 с содержанием 0,21 кар/м$^3$, включенные в рабочий контур. Секция 3 с содержанием 0,04 кар/м$^3$, исключенная из контура, в подсчете средних также не используется.

Вначале по каждому шурфу определяется суммарная длина секций с кондиционным содержанием алмазов, которая записывается в столбец 3 таблицы 6.4. В столбец 4 таблицы записывается среднее содержание алмазов по этим секциям, рассчитанное как среднее арифметическое:

$$С_ш = \frac{\sum_1^n С_i}{n}$$, где

$С_i$ – содержание алмазов в отдельных секциях,

n – количество секций в шурфе.

Следующий этап – вычисление средних параметров по разрезам. Средняя мощность и среднее содержание также вычисляются как средние арифметические величины:

$$М_р = \frac{\sum_1^k М_j}{k}, \; С_р = \frac{\sum_1^k С_j}{k},$$

где $М_j$ – суммарные мощности залежи по отдельным шурфам,

$С_j$ – среднее содержание алмазов по отдельным шурфам,

k – количество шурфов в контуре запасов на разрезе.

Средняя мощность по разрезу записывается в столбец 5, а среднее содержание – в столбец 6 таблицы 6.4.

Третий шаг – определение средних параметров по подсчетным блокам. Мощность и содержание для каждого блока определяются как среднеарифметические величины, установленные для ограничивающих блок разведочных линий. Так, в примере из таблицы 6.4, для блока I-$С_1$, заключенного между линиями I и II, средняя мощность составит (2,3 + 1,6) / 2 = 1,95 (м), а среднее содержание – (0,85 + 0,61) / 2 = 0,73 (кар/м$^3$). Для блока II-$С_1$ параметры будут средними арифметическими из рассчитанных для линий II и III и так далее. Для блоков категории $С_2$, опирающихся на одну разведочную линию, мощность и содержание берутся по этой линии.

6. Определив для каждого блока площадь, среднюю мощность и среднее содержание алмазов, можно приступать к подсчету запасов. Формуляр подсчета запасов способом

геологических блоков представлен ниже в таблице 6.5. Запасы алмазов в каратах переводятся в килограммы путем деления на 5000 (в 1 г 5 карат, в 1 кг – 5000 карат).

Таблица 6.5

Формуляр подсчета запасов способом геологических блоков

(S, м$^2$ – площадь блоков, M, м – средняя мощность по блоку, V, м$^3$ – объем блока, C, кар/м$^3$ – среднее содержание алмазов по блоку, P, кг – запасы алмазов в блоках)

| Номера блоков | S | M | V | C | P, кар | P, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I-$C_1$* | 30000 | 1,5 | 45000 | 2,00 | 90000 | 18,0 |
| II-$C_1$ | | | | | | |
| III-$C_1$ | | | | | | |
| IV-$C_1$ | | | | | | |
| Σ $C_1$ | | | | | | |
| V-$C_2$* | | | | | | |
| VI-$C_2$ | | | | | | |
| Σ $C_2$ | | | | | | |
| Σ $C_1$+$C_2$ | | | | | | |

* Для примера в таблице заполнены строки для блоков I-$C_1$ и V-$C_2$. Другие строки заполняются аналогично. Суммы подсчитываются только в последнем столбце, для запасов алмазов

7. Для каждого блока определяется экономическое значение. Для этого среднее содержание сравнивается с минимальным промышленным, заданным в данном варианте. Если среднее содержание не ниже минимального промышленного, запасы блока относятся к балансовым, в противном случае – к забалансовым.

Время выполнения работы 6 часов.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 2].

## Расчетно-графическая работа № 7
### *Подсчет запасов статистическими методами*

**Исходные данные.** Линейная зона актинолит-хлорит-плагиоклаз-флогопитовых жил с изумрудом, бериллом, фенакитом, танталитом, залегает среди оталькованных серпентинитов в экзоконтактовой зоне гранитного массива. Протяженность зоны 450 м при ширине 20-50 м. Простирание 330$^o$, падение под углом 75$^o$ на восток. На глубину изумрудная минерализация прослежена горными выработками и буровыми скважинами до 30-60 м от поверхности. С поверхности жилы частично отработаны старателями. Жильные тела разведаны рассечками из шурфов на горизонтах 5 и 15 м через 25 м. Центральная часть месторождения между разведочными линиями 4 и 6 оконтурена штреками и восстающими до глубины 30 м. На глубине 60 м жилы пересечены скважинами через 50 м. План жильной зоны, разрез по линии 6 и продольная вертикальная проекция представлены на рис. 7.1. На проекции показана блокировка запасов.

Ограночные изумруды имеют размер от 4 мм в поперечнике, или 0,15 карата, а более мелкие изумруды, не пригодные для огранки, называются изумрудной зеленью. Жильные тела имеют коэффициент продуктивности по изумрудам 0,07, по изумрудной зелени – 0,25. Объемная масса флогопита 2,8 т/м$^3$.

Результаты валового опробования разведочных выработок представлены в таблице 7.1 по вариантам.

**Задание.** Выполнить подсчет запасов изумрудов или изумрудной зелени в блоках между разведочными линиями 4 и 6. Определить общую стоимость кристаллосырья, приняв условно цену изумрудов 1000 рублей за 1 г и изумрудной зелени 50 рублей за 1 г.

**Содержание работы.** Определить:

а) среднюю мощность жильной зоны;

б) объем подсчетных блоков;

в) коэффициент жильности подсчетного блока;

г) среднюю продуктивность сырья в блоке;

д) величину запасов изумрудов или изумрудной зелени;

е) общую стоимость кристаллосырья

**Методические указания.**

1. Средняя мощность ($M_{ср}$) жильной зоны определяется по формуле:

$$M_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Mi}{n},$$

где $M_i$ – отдельные замеры мощности жильной зоны, м, n – количество замеров.

На плане (рис. 8.1) необходимо замерить мощность рудной зоны, по крайней мере, в пяти местах – по линиям 4, 5 и 6 и между ними, а затем рассчитать по приведенной выше формуле среднее арифметическое.

2. Объем подсчетных блоков (V) также необходимо рассчитать по формуле:

$$V=\frac{S \; x \; M_{ср}}{Sin \; \alpha},$$

где S – площадь блока, м$^2$,

$\alpha$ – угол падения жильной зоны, равный 75$^o$.

Площади блоков измеряются на вертикальной проекции геометрическим способом. Почти все блоки имеют прямоугольную форму, за исключением блока 1-$C_1$, который имеет более сложную форму. Тем не менее, площадь этого блока вычислить достаточно легко, разделив его на две фигуры – прямоугольник и трапецию, посчитав их площади и сложив вместе. Чтобы учесть угол падения зоны, необходимо вертикальную площадь, измеренную на проекции, разделить на $Sin \; \alpha$, в результате чего получится истинная площадь, которая и используется в подсчете запасов.

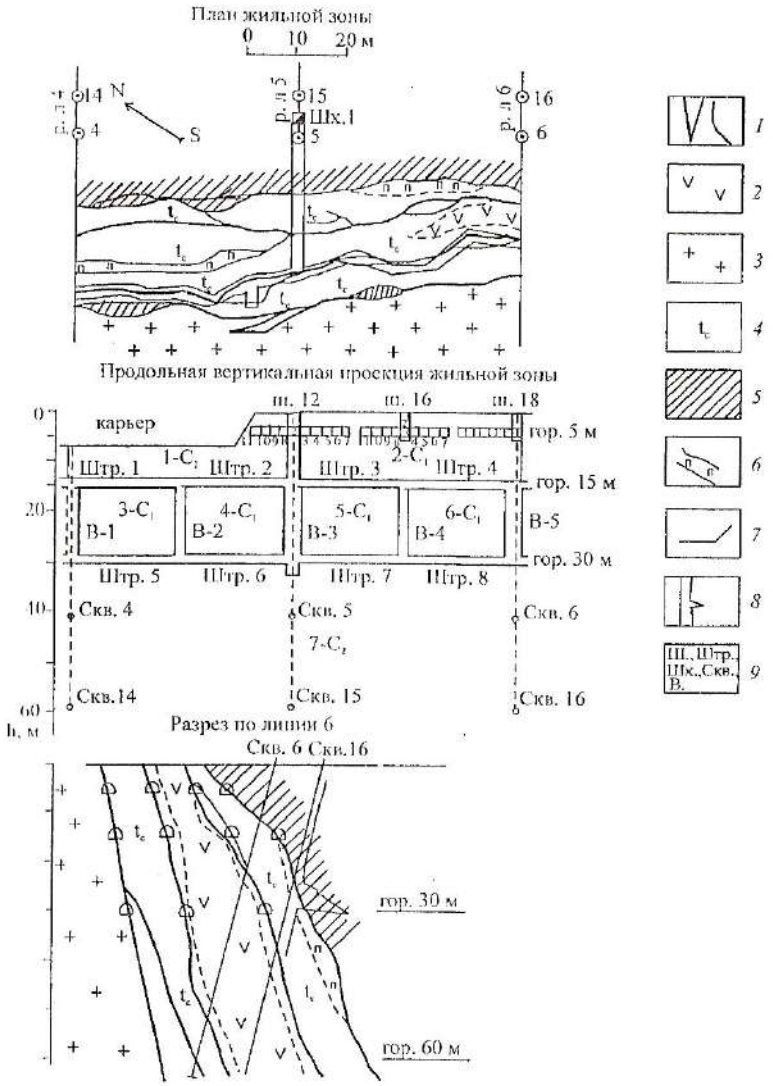



Рис. 7.1. Геологический план, вертикальная проекция и разрез по линии 6 центральной части месторождения изумрудов: 1 – флогопитовые тела с изумрудами; 2 – серпентиниты, 3 – вторичные кварциты; 4 – талькиты; 5 – амфиболиты; 6 – пегматиты; 7 – контур карьера; 8 – график содержания BeO по данным фотонейтронного каротажа; 9 – Ш. – шурфы, Штр. – штреки, Шх. – шахты, В. – восстающие, Скв. – скважины

3. Коэффициент жильности ($К_ж$) подсчетного блока позволяет определить следующая формула:

$$К_ж = \frac{\sum l \; x \; 1{,}5}{S_n},$$

где $\sum l$ – суммарная длина плагиоклаз-флогопитовых жил, м; 1,5 – средняя мощность жил, м; $S_n$ – площадь распространения изумрудоносных жил на месторождении, м$^2$, то есть площадь между амфиболитами и вторичными кварцитами, которая измеряется на плане с помощью палетки или планиметра.

4. Наконец, для каждого блока рассчитывается средняя продуктивность сырья (Р) по формуле:

$$Р = \frac{\sum_1^n P_i}{n},$$

где $P_i$ – объемная продуктивность сырья (кар/м$^3$ или г/м$^3$) в отдельных валовых пробах; n – количество валовых проб, взятых по разведочным выработкам (рассечкам, штрекам, восстающим, на которые опирается подсчетный блок.

Таблица 7.1

Данные валового опробования горных выработок

| Горные выработки | Номера валовых проб | Варианты | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | объемная продуктивность | | | | | | | | | |
| | | изумрудов, кар/м$^3$ | | | | | изумрудной зелени, г/м$^3$ | | | | |
| Шурф 12 с рассечками | 2 | 2,3 | | | 1,7 | | 28,0 | | | 21,0 | |
| | 3 | 0,6 | | | 2,6 | | 6,0 | | | 40,0 | |
| | 4 | 0,2 | 0,3 | | | 1,9 | 2,3 | 4,1 | | | 26,1 |
| | 5 | | 4,0 | | | 2,1 | 1,1 | 42,5 | | | 30,4 |
| | 6 | | 0,4 | | | | | 5,7 | | 1,7 | |
| | 7 | | | 0,7 | 2,0 | | | 1,1 | 9,5 | 27,0 | |
| | 8 | | | 4,3 | | 3,6 | | | 46,0 | | 32,8 |
| | 9 | | | 0,9 | | | | | 10,5 | | |
| | 10 | | | | | 1,7 | | | 1,5 | | 19,6 |
| Шурф 16 с рассечками | 3 | | | 0,3 | | | | | 4,1 | | |
| | 4 | | | 6,9 | | | 1,7 | | 62,0 | 1,7 | |
| | 5 | 1,1 | | 1,7 | 0,9 | | 13,2 | | 23,0 | 13,0 | |
| | 6 | 4,4 | | | 4,1 | | 45,0 | | 1,4 | 49,0 | |
| | 7 | 0,2 | | | 1,3 | | 2,5 | | | 14,2 | |
| | 8 | | 0,2 | | | 0,6 | | 2,1 | | | 7,4 |
| | 9 | | 2,1 | | | 2,4 | | 22,0 | | | 28,2 |
| | 10 | | 2,9 | | | 3,5 | | 33,0 | | | 40,1 |
| | 11 | | | | | 1,5 | | | | | 18,3 |
| Шурф 18 с рассечками | 2 | 0,5 | | | | 3,1 | 6,3 | | | | 34,3 |
| | 3 | 1,7 | | | | 2,8 | 20,0 | | | | 29,6 |
| | 4 | 2,9 | | | | 1,2 | 31,0 | | | | 15,7 |
| | 5 | | 1,1 | | | 0,4 | 1,4 | 17,0 | | | 5,3 |
| | 6 | | 4,9 | | 4,4 | | | 51,2 | | 55,0 | |
| | 7 | | 2,3 | | 2,3 | | | 25,7 | | 31,3 | |
| | 8 | | | | 1,0 | | | 1,5 | | 12,6 | |
| | 9 | | | 2,9 | | | | | 40,0 | 1,3 | |
| | 10 | | | 3,1 | | | | | 34,7 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | | | 1,3 | | | | | 16,1 | | |
| Штрек 1 | 2 | 0,2 | | | | 0,6 | 3,1 | | | | 8,3 |
| | 3 | 5,1 | | 0,9 | | 2,7 | 79,0 | | 1,0 | | 32,4 |
| | 4 | 1,7 | 0,4 | | | 3,8 | 20,6 | 5,1 | 1,7 | 1,9 | 43,2 |
| | 5 | | 3,6 | | 0,8 | | 1,4 | 41,0 | | 12,0 | 1,6 |
| | 6 | | 1,1 | | | | | 14,2 | | | |
| | 7 | | | | | | | 1,3 | | | |
| | 8 | | | 0,8 | 3,3 | | | | 12,1 | 46,2 | |
| | 9 | | | 3,7 | 2,1 | | | | 39,3 | 27,5 | |
| | 10 | 9,7 | | 1,4 | | | 16,8 | 1,6 | 17,4 | 1,1 | |
| | 11 | | 3,0 | | | | 1,7 | 42,3 | 1,2 | | 27,2 |
| Восстающий 1 | 14 | | | | | 2,4 | 1,9 | | | | 27,2 |
| | 15 | 1,5 | | 0,9 | 2,8 | | 21,0 | | 11,0 | 25,4 | |
| | 16 | 4,1 | | 4,4 | 1,6 | | 46,3 | | 27,6 | 19,0 | |
| | 17 | 0,4 | 4,0 | 1,1 | | | 5,2 | 53,0 | 12,5 | 1,3 | |
| | 18 | | 2,1 | | | 1,8 | | 24,6 | 1,7 | | 20,7 |
| | 19 | | 0,7 | | | 1,4 | | 10,1 | | | 16,3 |
| | 20 | | | | 1,1 | | | 1,3 | | 12,4 | |
| Штрек 5 | 22 | 0,7 | | | | 1,9 | 9,0 | | | 1,7 | 23,5 |
| | 23 | 2,1 | | 0,7 | | 2,7 | 24,5 | | 10,0 | | 30,4 |
| | 24 | 2,2 | 2,9 | 4,6 | | 0,8 | 3,2 | 11,0 | 19,6 | | 13,2 |
| | 25 | | 1,7 | | | | | 20,4 | 1,1 | | 1,6 |
| | 26 | | | | 0,9 | | | 1,3 | | 12,0 | |
| | 27 | | | | 2,0 | | | | | 24,8 | |
| | 29 | | | 1,1 | | | | | 12,3 | 1,9 | |
| | 30 | 0,9 | 0,7 | | | | 12,4 | 8,4 | 1,4 | | |
| | 31 | 3,4 | 7,2 | | | | 46,1 | 63,5 | | | |
| Восстающий 2 | 34 | 4,2 | 2,9 | 4,1 | 4,9 | | 41,0 | 31,0 | 42,4 | 49,5 | |
| | 35 | 1,9 | 1,6 | 0,7 | 0,9 | 3,2 | 21,5 | 18,6 | 9,0 | 11,3 | 37,1 |
| | 36 | | | | | 0,9 | 1,6 | 1,2 | | | 12,4 |
| Штрек 2 | 40 | 0,7 | | | 2,1 | | 8,1 | | | 25,6 | |
| | 41 | 7,4 | | 2,8 | | | 70,2 | | 34,3 | 3,9 | |
| | 42 | | 9,5 | | 6,5 | | | 87,1 | | 71,4 | |
| | 43 | 9,2 | | | | 1,8 | 85,4 | 2,4 | | | 23,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 44 | 5,3 | | 4,2 | 8,7 | | 61,7 | | 51,9 | 79,3 | 3,2 |
| | 45 | | 1,3 | | | | | 15,6 | | 2,6 | |
| | 46 | 8,6 | | 9,1 | | 8,4 | 77,9 | | 96,0 | | 77,8 |
| | 47 | | 3,4 | | | | | 30,8 | | | |
| | 48 | | 9,2 | | | 9,7 | | 94,5 | | | 90,1 |
| Штрек 6 | 51 | 6,8 | | | | | 59,3 | | | | |
| | 52 | 2,3 | | 9,3 | 6,5 | | 26,7 | | 86,1 | 60,4 | |
| | 53 | 7,5 | | 3,4 | 3,7 | | 74,2 | 1,6 | 37,4 | 32,3 | 1,9 |
| | 54 | | 3,2 | | | 2,5 | | 56,1 | 3,5 | 2,8 | 28,1 |
| | 55 | | 8,1 | | 1,3 | 5,6 | 2,7 | 84,3 | | | 63,5 |
| | 56 | | 9,9 | 3,8 | | 8,7 | | 92,7 | 46,8 | 19,6 | 84,3 |
| | 57 | 2,6 | 2,8 | | 2,5 | | 29,8 | 30,0 | | | |
| | 58 | | | 1,7 | | 3,1 | | | 25,8 | 40,5 | 29,6 |
| | 59 | 9,2 | | | | | 96,9 | | | | |
| Восстающий 3 | 62 | 1,3 | | 2,6 | | 4,4 | 15,6 | | 31,3 | | 51,6 |
| | 63 | | 2,1 | | | | 3,2 | 25,7 | 3,1 | 2,6 | 4,8 |
| | 64 | 6,3 | 6,8 | 3,5 | 8,8 | 5,6 | 73,4 | 84,3 | 46,5 | 90,3 | 63,9 |
| | 65 | | 9,1 | 8,9 | 5,0 | | | 98,5 | 87,9 | 47,8 | |
| | 66 | 9,9 | | | | 7,8 | 95,0 | 4,6 | | | 84,5 |
| | 67 | | | | 3,4 | | | | | 45,4 | |
| Штрек 3 | 70 | 9,6 | | 7,8 | | 7,5 | 92,2 | 2,7 | 84,5 | 1,1 | 82,1 |
| | 71 | 0,5 | 7,4 | 3,0 | 1,8 | | 53,1 | 70,6 | 32,6 | 21,7 | |
| | 72 | | 2,5 | | 4,4 | 1,5 | 1,9 | 28,5 | 21,3 | 52,6 | 20,0 |
| | 73 | 4,0 | 0,9 | 1,9 | | | 42,6 | 11,4 | 2,4 | 2,7 | 1,9 |
| | 74 | | 6,7 | | 6,9 | 5,9 | | 61,1 | 20,7 | 75,4 | 63,6 |
| | 75 | 9,9 | | 2,4 | | | 92,4 | | 1,6 | | 2,8 |
| Штрек 7 | 81 | 7,0 | | 1,7 | | | 64,8 | | 19,3 | | |
| | 82 | 2,1 | | | 4,6 | | 25,7 | 1,5 | 2,8 | 41,5 | |
| | 83 | | 3,6 | 2,5 | | | | 40,0 | 30,6 | 3,7 | 2,5 |
| | 84 | | 6,4 | | 5,3 | 5,5 | | 69,7 | | 58,6 | 62,7 |
| | 85 | | | 8,6 | | | | | 93,9 | 1,9 | 1,3 |
| | 86 | | 9,7 | | 2,0 | 1,8 | 3,9 | 91,3 | 1,7 | 25,4 | 19,9 |
| | 87 | 1,6 | | | | | 21,3 | | | | 3,1 |
| | 88 | 4,5 | 1,8 | | | 3,9 | 40,4 | 19,5 | | | 40,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 89 | 5,0 | | | | | 53,8 | 3,6 | | | |
| Восстающий 4 | 92 | 0,9 | | | 2,5 | | 9,5 | | | 30,4 | |
| | 93 | 3,6 | 1,6 | | | | 32,4 | 19,3 | | 1,3 | |
| | 94 | 8,4 | 4,5 | 2,3 | 3,7 | | 89,9 | 47,6 | 27,1 | 40,5 | 1,1 |
| | 95 | | 8,7 | 1,9 | | 3,0 | 2,7 | 90,5 | 21,3 | | 35,6 |
| | 96 | | | 9,2 | 5,9 | 4,2 | | 2,5 | 92,1 | 64,1 | 49,1 |
| | 97 | | | | | 5,3 | | | 1,3 | | 58,7 |
| Штрек 4 | 100 | 8,7 | | | | | | 1,8 | | | |
| | 101 | 1,0 | 1,5 | | | 9,5 | 14,3 | 19,3 | 1,4 | | 90,2 |
| | 102 | | 4,8 | 4,0 | | | 3,5 | 54,1 | 45,6 | | 3,4 |
| | 103 | | 9,6 | 9,2 | | | | 92,6 | 97,5 | 1,1 | |
| | 104 | | | | 9,6 | 8,7 | 2,1 | 2,9 | 2,2 | 99,3 | 85,7 |
| | 105 | 7,2 | 9,1 | 5,7 | | | 68,5 | 87,2 | 60,7 | 1,5 | |
| | 106 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 2,5 | 1,9 | 27,2 | 26,0 | | | |
| | 107 | 9,9 | | 3,8 | | | 95,4 | | 43,4 | 2,2 | 3,2 |
| | 108 | | | | 6,7 | | 2,7 | | 3,5 | 70,4 | |
| Штрек 8 | 111 | 3,0 | | | | | 35,1 | | 1,9 | | |
| | 112 | 8,5 | | 9,9 | | 6,8 | 80,2 | | 91,5 | | 71,4 |
| | 113 | | | | | | 1,7 | 1,4 | 2,8 | | 3,2 |
| | 114 | | 9,1 | 3,0 | | | | 83,2 | 2,1 | | |
| | 115 | | 6,7 | 5,2 | | | | 68,0 | 56,9 | 1,3 | 2,4 |
| | 116 | | | | | 9,3 | 3,4 | 1,9 | 1,7 | 40,6 | 89,6 |
| | 117 | 9,2 | 3,0 | | 3,8 | | 95,6 | 35,8 | 33,5 | 80,1 | 1,6 |
| | 118 | | 8,5 | | 8,4 | 3,5 | 1,8 | 90,4 | | 33,9 | 43,8 |
| | 119 | 9,6 | | | 2,5 | | 88,3 | 2,7 | | 2,8 | 1,9 |
| Восстающий 5 | 122 | 6,2 | | 9,2 | | | 64,5 | | 85,3 | 1,5 | 1,8 |
| | 123 | | 2,9 | | 8,9 | 9,5 | 3,4 | 35,4 | 3,2 | 90,3 | 89,1 |
| | 124 | 9,1 | | 4,3 | 6,7 | | 95,0 | 1,3 | 45,7 | 61,8 | 2,9 |
| | 125 | | 8,5 | | | 7,6 | 2,8 | 82,7 | 2,1 | 2,6 | 70,4 |
| | 126 | 2,2 | 9,6 | 5,1 | 5,8 | | 25,3 | 91,1 | 59,4 | 65,4 | 2,3 |
| | 127 | | | | | 5,2 | 1,9 | 3,0 | 1,7 | 2,1 | 58,7 |

Таблица 7.2

Формуляр подсчет запасов статистическим методом (M S V $К_ж$ P Q)

| Номера блоков | M, м | S, $м^2$ | V, $м^3$ | $К_ж$ | P, $кар/м^3$; $г/м^3$ | Q, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5. Определить величину запасов изумрудов или изумрудной зелени в отдельных подсчетных блоках (Q) по формуле:

$Q = К_ж$ x V x P.

6. Рассчитать суммарные запасы кристаллосырья в подсчетных блоках по категориям $С_1$ и $С_2$. Для расчетов рекомендуется использовать таблицу, формуляр которой представлен ниже (табл. 7.2).

7. Определить общую стоимость кристаллосырья (С) в недрах по формуле:

C = Q x Ц,

где Ц – условная стоимость кристаллосырья (изумрудов или изумрудной зелени).

Время выполнения работы 2 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 2].

## Расчетно-графическая работа № 8
### *Геолого-экономическая оценка на стадии оценочных работ*

**Исходные данные.** Работа составлена на примере медноколчеданного месторождения уральского типа. Месторождение представлено залежью медно-цинковых золотосодержащих руд среди кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов, образованных по вулканогенно-осадочным породам. Главные рудные минералы – пирит, халькопирит и сфалерит. Месторождение находится на Среднем Урале в экономически благоприятных условиях. Параметры рудного тела приведены в таблице 8.1.

Объемная масса руды 3,2 т/м$^3$. Коэффициент извлечения в концентрат для меди – 0,85, цинка – 0,82, серы – 0,68. Потери на аналогичных месторождениях составляют в среднем 10%, разубоживание – 15%.

Цены в условиях рыночной экономики находятся в непрерывном движении и постоянно колеблются, то поднимаясь, то падая, под влиянием экономической и политической ситуации в мире. В связи с этим, при выполнении работы принимаются так называемые условные рубли (у. р.), не привязанные к текущему моменту времени. Цена 1 т медного концентрата с содержанием 25% составляет 7000 у. р. цинкового концентрата с содержанием 40% − 6000 у. р., серного с содержанием 55% − 400 у. р.

**Задание.** Выполнить комплексную геолого-экономическую оценку месторождения по укрупненным показателям без учета платежей, налогов и отчислений и дать обоснованное заключение о целесообразности его разработки или отнесения в резерв.

**Содержание работы.** 1. Построить:

а) схематический геологический разрез в масштабе 1:10000;

б) продольную проекцию рудного тела в плоскости падения.

2. Определить:

в) горно-технологические показатели оценки эффективности освоения;

г) экономические показатели оценки.

3. Составить заключение об экономической эффективности освоения месторождения.

Таблица 8.1

Параметры медноколчеданного месторождения по результатам оценочных работ

| Номер варианта | Интервалы глубины залегания по вертикали, м | | Угол падения, град. | Длина по простиранию, м | Средняя мощность, м | Содержание в руде полезных компонентов, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | верх | низ | | | | Cu | Zn | S |
| 1 | 25 | 325 | 45 | 450 | 16 | 0,8 | 1,3 | 29 |
| 2 | 50 | 350 | 50 | 450 | 17 | 1,1 | 1,3 | 28 |
| 3 | 75 | 375 | 55 | 450 | 18 | 1,0 | 1,2 | 27 |
| 4 | 100 | 400 | 60 | 400 | 19 | 1,1 | 1,2 | 26 |
| 5 | 125 | 425 | 65 | 400 | 20 | 1,1 | 1,1 | 25 |
| 6 | 150 | 450 | 70 | 400 | 21 | 1,2 | 1,1 | 24 |
| 7 | 175 | 475 | 75 | 350 | 22 | 0,8 | 1,2 | 23 |
| 8 | 200 | 500 | 80 | 350 | 23 | 0,8 | 0,9 | 22 |
| 9 | 225 | 525 | 85 | 350 | 24 | 1,0 | 1,0 | 21 |
| 10 | 250 | 550 | 90 | 300 | 25 | 0,8 | 0,8 | 20 |
| 11 | 275 | 575 | 45 | 500 | 16 | 0,8 | 0,9 | 29 |
| 12 | 300 | 600 | 50 | 500 | 17 | 1,0 | 1,7 | 28 |
| 13 | 325 | 625 | 55 | 500 | 18 | 1,1 | 1,5 | 27 |
| 14 | 350 | 650 | 60 | 450 | 19 | 1,0 | 1,7 | 26 |
| 15 | 375 | 675 | 65 | 450 | 20 | 1,1 | 1,4 | 25 |
| 16 | 400 | 700 | 70 | 400 | 21 | 1,3 | 1,7 | 24 |
| 17 | 425 | 725 | 75 | 400 | 22 | 1,1 | 1,6 | 23 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 450 | 750 | 80 | 350 | 23 | 0,9 | 1,5 | 22 |
| 19 | 475 | 775 | 85 | 350 | 24 | 1,2 | 1,4 | 21 |
| 20 | 500 | 800 | 90 | 300 | 25 | 0,9 | 0,9 | 20 |

Содержание золота во всех вариантах принято 1 г/т, что эквивалентно 0,4% меди.

**Методические указания.**

1. По данным, приведенным в таблице 8.1, строится схематический геологический разрез и продольная проекция рудного тела в плоскости падения. Масштаб 1:10000.

Чтобы построить схематический разрез, проводим горизонтальную линию, обозначающую дневную поверхность. Слева к ней пристраиваем вертикаль, на которой показываем вертикальный масштаб (100 м в 1 см). На горизонтали в удобном месте ставим точку выхода рудной зоны на дневную поверхность и из нее под углом, равным углу падения из своего варианта (столбик 4 табл. 8.1), проводим линию падения рудной зоны. Проектируем на линию падения отметки глубин кровли и подошвы (верха и низа) рудного тела, взятые из столбцов 2 и 3 своего варианта, и на полученном таким образом отрезке показываем рудное тело. Мощность линзы в разных вариантах составляет от 16 до 25 м, что в масштабе 1:10000 соответствует 1,6-2,5 мм. На рис. 8.1 для примера показан схематический разрез рудной линзы с углом падения $45^{o}$ и отметками кровли и подошвы 200 и 500 м.

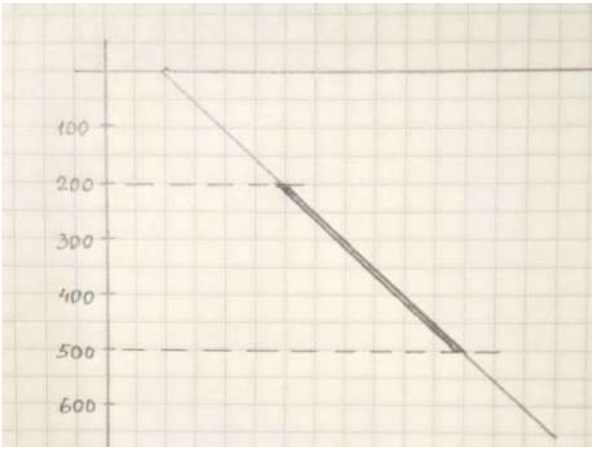



Рис. 8.1. Пример построения схематического геологического разреза

Чтобы построить продольную проекцию в плоскости падения, проведем горизонтальную линию, соответствующую дневной поверхности. От нее откладываем расстояние до кровли рудного тела, измеренное на разрезе вдоль линии падения, и проводим линию кровли. Расстояние от кровли до подошвы также измеряется на разрезе вдоль линии падения и откладывается от линии кровли на проекции. Ниже на рис. 8.2 показана продольная проекция, построенная для того же примера, что и разрез на рис. 8.1. Отметки кровли и подошвы рудного тела показаны на рисунке пунктирными линиями. На этих линиях откладывается длина тела по простиранию, взятая из столбца 5 своего варианта. Расстояние между линиями кровли и подошвы на проекции соответствует длине рудного тела по падению.

На стадии оценочных работ выделяются запасы категории $C_2$ и прогнозные ресурсы категории $P_1$. В нашем задании предлагается отнести к категории $C_2$ запасы верхней части рудного тела от кровли до глубины 100 м. На проекции рудного тела от линии кровли откладываем вниз 100 м и проводим границу между блоками. Верхний блок обозначаем номером 1-$C_2$, нижний – 2-$P_1$. Удобно показать площадь блоков штриховкой, например, блок 1-$C_2$ – вертикальной, а блок 2-$P_1$ – горизонтальной.

2. Следующим этапом работы является подсчет запасов. Для подсчета целесообразно использовать способ геологических блоков. Запасы считаются отдельно по блокам, затем суммируются. Подсчет ведется по следующей схеме.

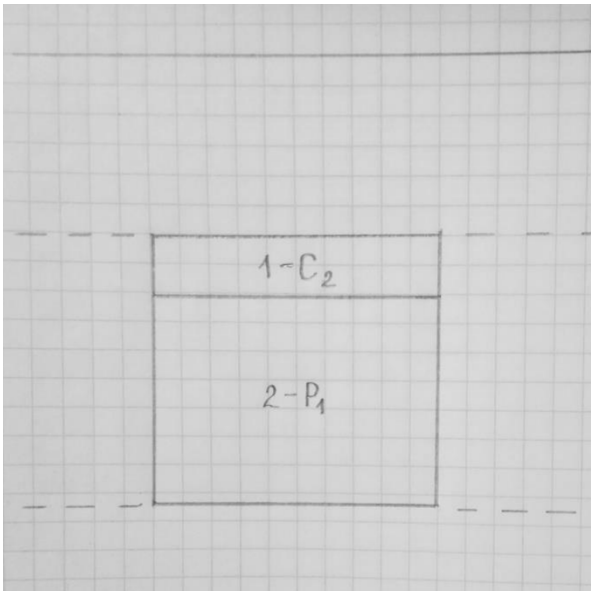



Рис. 8.2. Продольная проекция рудного тела в плоскости падения

1 – определяем площадь блока по формуле S = Dпр x Dпад, где S – площадь блока, $м^2$, Dпр – длина по простиранию, м, берется из варианта задания (табл. 8.1), Dпад – длина по падению, м. Для первого блока Dпад принята 100 м, для второго – измеряется на проекции по вертикали как расстояние между верхней и нижней границами второго блока и выражается в метрах;

2 – рассчитываем объем блока по формуле V = S x M, где V – объем блока, $м^3$, S – площадь блока, рассчитанная в пункте 1, $м^2$, M – мощность рудного тела, м, которая берется из варианта задания, столбик 6;

3 – находим запасы руды по формуле Q = V x d, где Q – запасы руды, т, V – объем блока, $м^3$, взятый из пункта 2, d – объемная масса руды, указанная во вводной части задания, равная 3,2 $т/м^3$;

4 – далее считаем запасы металлов: основного – меди, и попутных – цинка, серы и золота. Для этого запасы руды Q, полученные в пункте 3, умножаем на содержание соответствующего металла. Содержания меди ($C_{Cu}$), цинка ($C_{Zn}$) и серы ($C_S$) приводятся в трех последних столбцах в таблице 8.1 и выражены в процентах. Чтобы избавиться от процентов, необходимо ввести в формулу коэффициент 0,01:

- запасы меди $P_{Cu} = Q \times C_{Cu} \times 0{,}01$, т;
- запасы цинка $P_{Zn} = Q \times C_{Zn} \times 0{,}01$, т;
- запасы серы $P_S = Q \times C_S \times 0{,}01$, т.

Содержание золота ($C_{Au}$) выражается в г/т, как указано под таблицей вариантов задания, оно составляет 1 г/т (табл. 8.1). 1 г/т = $10^{-6}$т, то есть для золота в формулу нужно ввести коэффициент $10^{-6}$, тогда запасы будут выражены в тоннах, или $10^{-3}$, и тогда запасы золота будут выражены в килограммах:

- запасы золота $P_{Au} = Q \times C_{Au} \times 10^{-6}$ т или $P_{Au} = Q \times C_{Au} \times 10^{-3}$, кг.

По этой схеме считаем запасы вначале для блока 1-$C_2$, затем для блока 2-$P_1$, и, наконец суммарные ($C_2 + P_1$) запасы руды и каждого из металлов.

Далее определяются основные горно-технологические показатели освоения месторождения.

3. Проектная величина эксплуатационных запасов: $Q_э = \frac{Q\,(1-P)}{1-R}$, где $Q_э$ − эксплуатационные запасы руды, т; P – коэффициент потерь, R – коэффициент разубоживания. Как указано выше в исходных данных, потери на уральских медноколчеданных месторождениях составляют в среднем 10%, разубоживание – 15%. В формулу коэффициенты подставляются в долях единицы, то есть соответственно 0,1 и 0,15.

4. При геолого-экономической оценке комплексных месторождений, расчеты выполняются по основному полезному компоненту, в нашем случае, по меди. Второстепенные полезные компоненты, в данной работе это цинк, сера и золото, учитываются путем перевода их в так называемую условную медь с помощью переводных коэффициентов. Переводные коэффициенты для цинка и серы рассчитываются следующим образом: $К = \frac{Ц_п \times И_п}{Ц_о \times И_о}$, где $Ц_п$ – цена 1 т попутного компонента, $Ц_о$ – цена 1 т основного компонента, у. р.; $И_п$ – коэффициент извлечения в концентрат попутного компонента в долях единицы, $И_о$ – то же для основного компонента.

Переводные коэффициенты рассчитываются для цинка $K_{Zn}$ и для серы $K_S$. Цены на концентраты в условных рублях и коэффициенты извлечения приводятся выше в исходных данных. Для золота переводный коэффициент не используется, принятое в данной работе содержание в 1 г/т эквивалентно 0,4% меди.

5. Среднее содержание условной меди в руде: $C_у = C_{Cu} + C_{Zn} \times K_{Zn} + C_S \times K_S + 0{,}4$, %.

Содержание компонентов берется из варианта задания и подставляется в формулу в процентах, коэффициенты – в долях единицы.

6. Содержание условной меди в добытой руде: $C_д = C_у$ (1-R), %.

7. Проектный срок эксплуатации месторождения $Т_э$ зависит от величины эксплуатационных запасов. Эта зависимость показана в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Зависимость между величиной эксплуатационных запасов и сроком эксплуатации месторождения

| Эксплуатационные запасы, млн т | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 200 | 250 | 350 | 500 | 700 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Средняя продолжительность работы рудника, лет | 4 | 7 | 10 | 12 | 14 | 17 | 21 | 26 | 28 | 31 | 33 | 36 |

На стадии оценочных работ срок эксплуатации приближенно определяется путем интерполяции между величиной эксплуатационных запасов и сроком эксплуатации.

8. Годовая производительность горнодобывающего предприятия по руде:

$А_р = Q_э \setminus Т_э$, т/год.

9. Срок строительства горнодобывающего предприятия $Т_с$ в общем зависит от величины его годовой производительности по руде. На стадии оценочных работ он принимается за 1 год, если годовая производительность меньше 0,5 млн т/год, за 2 года, если производительность от 0,5 до 3,0 млн т/год и за 3 года, если она больше 3, 0 млн т/год.

10. Годовой выпуск товарной продукции, в нашем случае, концентрата:

$Р_к = А_р \times С_д \times И_к \times 0{,}01$, т. $И_к$ – коэффициент извлечения в концентрат принимается по основному компоненту, то есть по меди, и равен 0,85.

Далее определяются основные экономические показатели освоения месторождения за год.

11. Среднегодовая стоимость продукции, или годовая выручка: $Г_в = Ц \times Р_к$, млн у. р. Ц – цена 1 т медного концентрата, принимается, как сказано выше, в размере 7000 у. р. Расчет экономических показателей на стадии оценочных работ целесообразно вести в млн у. р.

12. Годовые эксплуатационные затраты: $З_г = А_р (З_д + З_о)$, млн у. р., где $З_д$ – затраты на добычу 1 т руды, $З_о$ – затраты на обогащение 1 т руды, или, соответственно, себестоимость добычи и обогащения. По аналогии с действующими предприятиями аналогичного профиля $З_д = 60$ у. р./т, $З_о = 50$ у. р./т.

13. Годовой доход от разработки месторождения при укрупненных расчетах на стадии оценочных работ считается постоянным за все время эксплуатации:

$Д_г = Г_в – З_г$, млн у. р.

14. Расходы на приобретение оборудования для разработки месторождения также окупаются за счет доходов от его эксплуатации и компенсируются через механизм амортизации. Годовой доход определяется с учетом амортизационных отчислений:

$Д_г' = Д_г + А_о$, млн у. р. Величина амортизационных отчислений зависит от срока эксплуатации месторождения и определяется согласно действующим нормам амортизации. Для медноколчеданных месторождений эти нормы установлены в размере 15% от стоимости основных производственных фондов, которые объединяют в себе предстоящие затраты на строительство горнодобывающего предприятия. При геолого-экономической оценке на стадии оценочных работ величина основных производственных фондов $К_о$ может быть принята по аналогии с действующими предприятиями того же профиля. В настоящем задании $К_о = 200$ млн у. р.

15. Общая величина инвестиций в освоение месторождения составляет:

$И_о = К_о +$ Об, млн у. р. Здесь Об – оборотные средства, необходимые для обеспечения предприятия расходными материалами. Оборотные средства в экономике проектируются в размере 25% от годовых эксплуатационных затрат ($З_г$).

Инвестиции предназначаются, в первую очередь, для строительства предприятия, в течение срока его строительства. Среднегодовая величина инвестиций:

$И_г = И_о / Т_с$, млн у. р.

На основе среднегодовых показателей определяются основные показатели экономической эффективности освоения месторождения в целом. К их числу относятся:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости капитальных вложений ($Т_о$);
- внутренняя норма доходности (ВНД).

Чистый дисконтированный доход представляет собой разницу между общими (интегральными) доходами, полученными за весь период эксплуатации месторождения, и общими (интегральными) расходами за тот же период. Освоение месторождения будет эффективным, если значение ЧДД будет положительным, то есть если доходы превышают расходы. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта рассматривается как убыточный.

Индекс доходности определяется как отношение интегральных доходов к интегральным расходам. По сути, он показывает, во сколько раз доходы превышают расходы. Соответственно, в экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

Срок окупаемости капитальных вложений показывает число лет с начала разработки месторождения, в течение которых интегральные доходы и интегральные расходы становятся равными между собой. Предельным значением срока окупаемости считается 10 лет.

Норма доходности, или норма дисконта (Е) – это аналог банковского процента, который применяется в экономических расчетах. Величина нормы доходности принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. В горнодобывающей отрасли она колеблется от 10% для строительных материалов до 25% для месторождений золота и драгоценных камней. Внутренняя норма доходности представляет собой такое значение

нормы дисконта, при котором доходы равны расходам и ЧДД обращается в ноль. Для экономически эффективных проектов ВНД должна быть ниже принятого значения Е.

В рыночных условиях в экономических расчетах необходимо учитывать также фактор времени, то есть изменение стоимости материалов, услуг и самих денег в период эксплуатации месторождения. Соизмерение разновременных затрат и показателей при геолого-экономической оценке осуществляется с помощью механизма дисконтирования. Под дисконтированием понимается приведение их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. В связи с этим в расчеты вводятся два коэффициента – дисконтирования и аннуитета.

Коэффициент дисконтирования – это показатель, который используется для приведения будущей цены денег к их сегодняшней или текущей стоимости. Этот коэффициент позволяет финансисту или инвестору понять, как фактор времени будет влиять на стоимость вложенных в инвестиционный проект денег и будущих денежных потоков. Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$К_д = 1 / (1 + Е)^Т$, где Е – норма дисконта, которая в формулу подставляется в долях единицы, Т – число лет.

Аннуите́т, или финансовая рента — график погашения финансового инструмента, предполагающий выплату как основного долга, так и вознаграждения за пользование данным финансовым инструментом. Коэффициент аннуитета – это коэффициент ежегодной ренты. Он рассчитывается по формуле:

$К_а = ((1 + Е)^Т – 1) / ((1 + Е)^Т \times Е)$.

Значения коэффициентов дисконтирования и аннуитета вычислены для разного числа лет и разных ставок дисконта и приводятся ниже в таблицах 8.3 и 8.4.

16. Формула для расчета чистого дисконтированного дохода с использованием коэффициентов дисконтирования на срок строительства $К_{дс}$ и коэффициентов аннуитета на срок эксплуатации $К_{аэ}$ и на срок строительства $К_{ас}$ выглядит следующим образом:

$ЧДД = Д_г' \times К_{аэ} \times К_{дс} – И_г \times К_{ас}$, млн у. р. В этой формуле уменьшаемое соответствует интегрированным дисконтированным доходам за период эксплуатации месторождения, а вычитаемое – интегрированным расходам за то же время. Для месторождения, освоение которого экономически эффективно, ЧДД>0.

17. Индекс доходности, показывающий отношение доходов к расходам, определяется по формуле:

$ИД = (Д_г' \times К_{аэ} \times К_{дс}) / (И_г \times К_{ас})$. Здесь в числителе дроби уменьшаемое из предыдущей формулы, в знаменателе – вычитаемое. Для месторождения, освоение которого экономически эффективно, ИД>1.

18. Для вычисления срока окупаемости при укрупненных расчетах используется формула:

$Т_о = (\log (1 – (И_г / Д_г') \times ((1 + Е)^{Тс} -1)) / (\log (1 + Е))$, лет. Для месторождения, освоение которого экономически эффективно, срок окупаемости не должен превышать 10 лет.

19. Величину внутренней нормы доходности можно установить разными способами. Ее можно вычислить из формулы чистого дисконтированного дохода как величину Е, при которой доходы равны расходам. Для этого нужно подставить значение ЧДД = 0 и решить полученное уравнение относительно Е. Вычисление осуществляется на компьютере с помощью экономической программы или на специальном финансовом калькуляторе. Можно использовать метод итерации, когда определение ВНД проводится путем подбора, то есть выполняется серия последовательных расчетов ЧДД при разных значениях ставки дисконта Е, пока значение ЧДД не будет равно нулю. Кроме того, приближенно ВНД может быть определена графическим методом (рис. 8.3).

Коэффициенты дисконтирования

Таблица 8.3

| Число лет | Ставка дисконта, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 1 | 0,952 | 0,909 | 0,870 | 0,833 | 0,800 | 0,769 | 0,741 | 0,714 |
| 2 | 0,907 | 0,826 | 0,756 | 0,694 | 0,640 | 0,592 | 0,549 | 0,510 |
| 3 | 0,864 | 0,751 | 0,658 | 0,579 | 0,512 | 0,455 | 0,406 | 0,364 |
| 4 | 0,823 | 0,683 | 0,572 | 0,482 | 0,410 | 0,350 | 0,301 | 0,260 |
| 5 | 0,784 | 0,621 | 0,497 | 0,335 | 0,262 | 0,207 | 0,165 | 0,133 |
| 6 | 0,746 | 0,564 | 0,432 | 0,333 | 0,232 | 0,177 | 0,145 | 0,113 |
| 7 | 0,711 | 0,513 | 0,376 | 0,279 | 0,210 | 0,159 | 0,122 | 0,095 |
| 8 | 0,677 | 0,467 | 0,327 | 0,223 | 0,168 | 0,123 | 0,091 | 0,068 |
| 9 | 0,645 | 0,424 | 0,284 | 0,194 | 0,134 | 0,094 | 0,067 | 0,048 |
| 10 | 0,614 | 0,386 | 0,247 | 0,162 | 0,107 | 0,073 | 0,050 | 0,035 |
| 11 | 0,585 | 0,351 | 0,215 | 0,135 | 0,086 | 0,056 | 0,037 | 0,025 |
| 12 | 0,557 | 0,319 | 0,187 | 0,112 | 0,069 | 0,043 | 0,027 | 0,018 |
| 13 | 0,530 | 0,290 | 0,163 | 0,094 | 0,055 | 0,033 | 0,020 | 0,013 |
| 14 | 0,505 | 0,263 | 0,141 | 0,078 | 0,044 | 0,025 | 0,015 | 0,009 |
| 15 | 0,481 | 0,239 | 0,123 | 0,065 | 0,035 | 0,020 | 0,011 | 0,006 |
| 16 | 0,458 | 0,218 | 0,107 | 0,054 | 0,028 | 0,015 | 0,008 | 0,005 |
| 17 | 0,436 | 0,198 | 0,093 | 0,045 | 0,023 | 0,012 | 0,006 | 0,003 |
| 18 | 0,416 | 0,180 | 0,081 | 0,038 | 0,018 | 0,009 | 0,005 | 0,002 |
| 19 | 0,396 | 0,164 | 0,070 | 0,031 | 0,014 | 0,007 | 0,003 | 0,002 |
| 20 | 0,377 | 0,149 | 0,061 | 0,026 | 0,012 | 0,005 | 0,003 | 0,001 |
| 21 | 0,359 | 0,135 | 0,053 | 0,022 | 0,009 | 0,004 | 0,002 | 0,001 |
| 22 | 0,342 | 0,123 | 0,046 | 0,018 | 0,007 | 0,003 | 0,001 | 0,001 |
| 23 | 0,326 | 0,112 | 0,040 | 0,015 | 0,006 | 0,002 | 0,001 | |
| 24 | 0,310 | 0,102 | 0,035 | 0,013 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | |
| 25 | 0,295 | 0,092 | 0,030 | 0,011 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | |
| 26 | 0,281 | 0,084 | 0,026 | 0,009 | 0,003 | 0,001 | | |
| 27 | 0,268 | 0,076 | 0,023 | 0,007 | 0,002 | 0,001 | | |
| 28 | 0,255 | 0,069 | 0,020 | 0,006 | 0,002 | 0,001 | | |
| 29 | 0,243 | 0,063 | 0,017 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | | |
| 30 | 0,231 | 0,057 | 0,015 | 0,004 | 0,001 | | | |
| 31 | 0,220 | 0,052 | 0,013 | 0,004 | 0,001 | | | |
| 32 | 0,210 | 0,047 | 0,011 | 0,003 | 0,001 | | | |
| 33 | 0,200 | 0,043 | 0,010 | 0,002 | 0,001 | | | |
| 34 | 0,190 | 0,039 | 0,009 | 0,002 | 0,001 | | | |
| 35 | 0,181 | 0,036 | 0,008 | 0,002 | | | | |
| 36 | 0,173 | 0,032 | 0,007 | 0,001 | | | | |
| 37 | 0,164 | 0,029 | 0,006 | 0,001 | | | | |
| 38 | 0,157 | 0,027 | 0,005 | 0,001 | | | | |
| 39 | 0,149 | 0,024 | 0,004 | 0,001 | | | | |
| 40 | 0,142 | 0,022 | 0,004 | 0,001 | | | | |

Коэффициенты аннуитета

Таблица 8.4

| Число лет | Ставка дисконта, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 1 | 0,95 | 0,91 | 0,87 | 0,83 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,71 |
| 2 | 1,86 | 1,74 | 1,63 | 1,53 | 1,44 | 1,36 | 1,29 | 1,22 |
| 3 | 2,72 | 2,49 | 2,28 | 2,11 | 1,95 | 1,82 | 1,70 | 1,59 |
| 4 | 3,55 | 3,17 | 2,86 | 2,59 | 2,36 | 2,17 | 2,00 | 1,85 |
| 5 | 4,33 | 3,79 | 3,35 | 2,99 | 2,69 | 2,44 | 2,22 | 2,04 |
| 6 | 5,08 | 4,36 | 3,78 | 3,33 | 2,95 | 2,64 | 2,39 | 2,17 |
| 7 | 5,79 | 4,87 | 4,16 | 3,60 | 3,16 | 2,80 | 2,51 | 2,26 |
| 8 | 6,46 | 5,33 | 4,49 | 3,84 | 3,33 | 2,92 | 2,60 | 2,33 |
| 9 | 7,11 | 5,76 | 4,77 | 4,03 | 3,46 | 3,02 | 2,67 | 2,38 |
| 10 | 7,72 | 6,14 | 5,02 | 4,19 | 3,57 | 3,09 | 2,72 | 2,41 |
| 11 | 8,31 | 6,50 | 5,23 | 4,33 | 3,66 | 3,15 | 2,75 | 2,44 |
| 12 | 8,86 | 6,81 | 5,42 | 4,40 | 3,73 | 3,19 | 2,78 | 2,46 |
| 13 | 9,39 | 7,10 | 5,58 | 4,53 | 3,78 | 3,22 | 2,80 | 2,47 |
| 14 | 9,90 | 7,37 | 5,72 | 4,61 | 3,82 | 3,25 | 2,81 | 2,48 |
| 15 | 10,38 | 7,61 | 5,85 | 4,68 | 3,86 | 3,27 | 2,83 | 2,48 |
| 16 | 10,84 | 7,82 | 5,95 | 4,73 | 3,89 | 3,28 | 2,83 | 2,49 |
| 17 | 11,27 | 8,02 | 6,05 | 4,77 | 3,91 | 3,29 | 2,84 | 2,49 |
| 18 | 11,69 | 8,20 | 6,13 | 4,81 | 3,93 | 3,30 | 2,84 | 2,49 |
| 19 | 12,09 | 8,36 | 6,20 | 4,84 | 3,94 | 3,31 | 2,85 | 2,50 |
| 20 | 12,46 | 8,51 | 6,26 | 4,87 | 3,95 | 3,32 | 2,85 | 2,50 |
| 21 | 12,82 | 8,65 | 6,31 | 4,89 | 3,96 | 3,32 | 2,85 | 2,50 |
| 22 | 13,16 | 8,77 | 6,36 | 4,91 | 3,97 | 3,32 | 2,85 | 2,50 |
| 23 | 13,49 | 8,88 | 6,40 | 4,92 | 3,98 | 3,33 | 2,85 | 2,50 |
| 24 | 13,80 | 8,98 | 6,43 | 4,94 | 3,98 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 25 | 14,09 | 9,09 | 6,46 | 4,95 | 3,98 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 26 | 14,38 | 9,16 | 6,49 | 4,96 | 3,99 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 27 | 14,64 | 9,24 | 6,51 | 4,96 | 3,99 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 28 | 14,90 | 9,31 | 6,53 | 4,97 | 3,99 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 29 | 15,14 | 9,37 | 6,55 | 4,97 | 3,99 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 30 | 15,37 | 9,43 | 6,57 | 4,98 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 31 | 15,59 | 9,48 | 6,58 | 4,98 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 32 | 15,80 | 9,53 | 6,59 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 33 | 16,00 | 9,57 | 6,60 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 34 | 16,19 | 9,61 | 6,61 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 35 | 16,37 | 9,64 | 6,62 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 36 | 16,55 | 9,68 | 6,62 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 37 | 16,71 | 9,71 | 6,63 | 4,99 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 38 | 16,87 | 9,73 | 6,63 | 5,00 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 39 | 17,02 | 9,76 | 6,64 | 5,00 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |
| 40 | 17,16 | 9,78 | 6,64 | 5,00 | 4,00 | 3,33 | 2,86 | 2,50 |

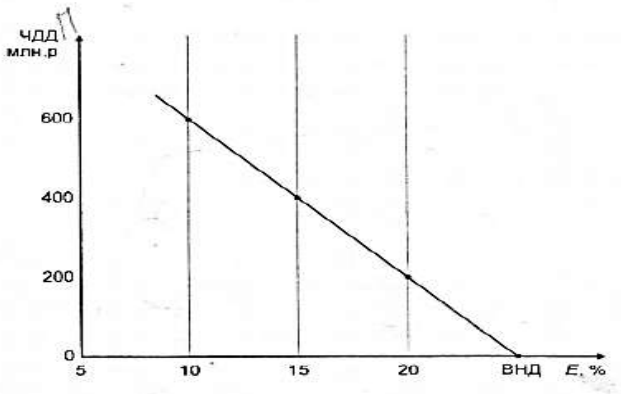



Рис. 8.3. График зависимости чистого дисконтированного дохода от нормы дисконта для определения ВНД

График строится по трем точкам, соответствующим значениям ЧДД при разной величине Е. В п. 16 работы рассчитано значение ЧДД для Е = 10%. По этой же формуле необходимо рассчитать ЧДД при Е = 15% и при Е = 20%. При этом $Д_г'$ и $И_г$ остаются без изменения, а коэффициенты дисконтирования и аннуитета также берутся из таблиц 8.3.и.8.4 по столбцам, соответствующим ставке дисконта 15 и 20%.Полученные три значения ЧДД показывают, что чем выше ставка дисконта, тем ниже будет доход, причем возможны и отрицательные значения.

На графике по вертикальной оси откладываются значения ЧДД, по горизонтальной – Е. Масштаб для обоих показателей выбирается произвольный, удобный для построения графика. Три полученные точки соединяются прямой линией, которая при необходимости продолжается до пересечения с горизонтальной осью. Значение Е, соответствующее точке пересечения с прямой, приближенно равняется величине ВНД. Для месторождения, освоение которого экономически эффективно, ВНД>Е.

20. По результатам геолого-экономической оценки на стадии оценочных работ делается заключение о целесообразности представления месторождения на лицензирование с правами проведения разведки и эксплуатации или отнесении его в резерв. Заключение базируется на четырех показателях: ЧДД, ИД, То и ВНД.

Время выполнения работы 6 часов.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке (Г. П. Дворник, А. Н. Угрюмов. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья. Учебное пособие – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 220 с.).

## Расчетно-графическая работа № 9
### *Геолого-экономическая оценка на стадии разведочных работ*

**Исходные данные.** В результате геологоразведочных работ оконтурено месторождение молибдена штокверкового типа, приуроченное к изометрическому штоку грейзенизированных гранитов. Близповерхностное залегание позволяет отрабатывать его открытым способом. Необходимые для геолого-экономической оценки параметры месторождения по вариантам даны в таблице 9.1. Месторождение находится в экономически освоенном районе Южного Урала. Обогатительную фабрику намечено построить в 9 км от месторождения на берегу водоема. Протяженность линии электропередачи (ЛЭП) мощностью 110 кВт составит 35 км.

Параметры месторождения молибдена штокверкового типа

Таблица 9.1

| Варианты задания | Запасы руды ($З_р$), млн т | Запасы молибдена ($З_{Mo}$), тыс. т | Мощность наносов, м | Коэффициент вскрыши ($К_в$) | Среднее ,содержание Молибдена % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 35,0 | 42,0 | 10 | 0,8 | 0,12 |
| 2 | 36,0 | 43,2 | 10 | 0,8 | 0,12 |
| 3 | 36,5 | 43,8 | 15 | 0,85 | 0,12 |
| 4 | 37,0 | 44,4 | 20 | 0,9 | 0,12 |
| 5 | 38,0 | 45,6 | 25 | 0,9 | 0,12 |
| 6 | 39,0 | 42,9 | 30 | 1,0 | 0,11 |
| 7 | 40,0 | 44,0 | 35 | 1,1 | 0,11 |
| 8 | 43,0 | 47,3 | 40 | 1,2 | 0,11 |
| 9 | 45,0 | 49,5 | 50 | 1,3 | 0,11 |
| 10 | 45,5 | 50,0 | 50 | 1,3 | 0,11 |
| 11 | 46,0 | 50,6 | 60 | 1,4 | 0,11 |
| 12 | 46,5 | 51,1 | 65 | 1,5 | 0,11 |
| 13 | 47,0 | 51,7 | 67 | 1,7 | 0,11 |
| 14 | 49,0 | 53,9 | 70 | 1,8 | 0,11 |
| 15 | 49,5 | 54,4 | 75 | 1,8 | 0,11 |
| 16 | 50,0 | 55,0 | 78 | 1,9 | 0,11 |
| 17 | 52,0 | 57,2 | 80 | 2,0 | 0,11 |
| 18 | 54,0 | 59,4 | 85 | 2,1 | 0,11 |
| 19 | 55,0 | 60,5 | 90 | 2,2 | 0,11 |
| 20 | 57,0 | 62,7 | 100 | 2,5 | 0,11 |

**Задание.** Определить технико-экономические показатели геолого-экономической оценки месторождения.

**Содержание работы. Рассчитать**:

а) горно-технические показатели,

б) технологические показатели,

в) экономические показатели,

г) сделать заключение об экономической эффективности освоения месторождения.

**Методические указания**. Рекомендуется следующий порядок расчета показателей ГЭО.

I. Горно-техническая часть

1. Определить величину эксплуатационных запасов по формуле:

$З_э = (З_р \times (1-n)) / (1-p)$,

где $З_э$ – эксплуатационные запасы руды, $З_р$ – запасы руды в недрах, n – потери при добыче, доли единицы, p – разубоживание при добыче, доли единицы. Запасы руды берутся из своего варианта задания (табл. 9.1). Коэффициент потерь (n) составляет 15% (0,15 в долях ед.), коэффициент разубоживания (p) – 10% (0,10 в долях ед.).

Масштаб построений удобно принять 1:2000, если расстояние между линиями 50 м и 1:5000, если расстояние между линиями 100 м.

Построение следует начать с разведочного плана. Рудоносная зона серицит-хлоритовых сланцев, прослеженная на поверхности, выносится на план по элементам залегания (табл. 1.1). Вкрест простирания намечаются три разведочные линии.

Далее составляются поперечные разрезы. Для привязки разрезов используются точки пересечения разведочных линий с линией выхода рудной зоны на поверхность – общие точки для плана и разрезов. На рис. 1.1 эти точки обозначены арабскими цифрами (1, 2, 3). На каждой разведочной линии из такой общей точки по углу падения строится рудоносная зона, в ее пределах по глубинам верхней и нижней границ и с учетом мощности оконтуривается сечение рудной линзы.

Следующий шаг – вынос контуров линзы на поверхность, то есть на разведочный план. На каждом разрезе отметки верха и низа линзы проектируются на линию поверхности. На рис. 1.1 это точки a, b на линии I, c, d – на линии II и e, f – на линии III. Расстояние между привязочными точками (1, 2, 3) и проекциями отметок верха и низа (a, b, c, d, e, f) на каждом разрезе измеряется и откладывается на плане по соответствующей разведочной линии в направлении падения зоны. Соединив затем точки a, c, e, получим проекцию верхней границы рудного тела, а соединив точки b, d, f – нижнюю границу.

Сопоставление разрезов показывает, что линза погружается в глубину в северном направлении, а на юге она, очевидно, выклинивается, не доходя до поверхности. Используя морфологический прием, продолжим пунктиром оконтуривающие линии на север, а на юге линзу нужно выклинить углом на удалении от линии I, равном половине расстояния между профилями.

Таким образом, в северном направлении намечается продолжение рудного тела. Чтобы проверить это предположение, запроектируем еще одну разведочную линию – IV и скважину на ней. Проектный разрез строится методом решения обратной задачи. На плане измеряем расстояния от привязочной точки до проекций отметок верха и низа, на разрезе откладываем эти расстояния по линии дневной поверхности в направлении падения рудной зоны и опускаем из них перпендикуляры до пересечения с ней.

Таблица 1.1

Варианты задания по геометризации рудной линзы

| Номер варианта | Расстояние между разведочными линиями, м | Элементы залегания рудной зоны, град. | | Глубины выклинивания контуров рудной линзы по разведочным линиям (верхняя-нижняя) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Азимут простирания | Направление и угол падения | I-I | II-II | III-III |
| 1 | 50 | 0 | В 60 | 20-60 | 40-80 | 60-100 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 50 | 60 | ЮВ 60 | 30-70 | 50-90 | 70-110 |
| 3 | 50 | 120 | ЮЗ 60 | 40-80 | 60-100 | 80-120 |
| 4 | 100 | 180 | З 60 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 5 | 100 | 240 | СЗ 60 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 6 | 100 | 300 | СВ 60 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 7 | 50 | 0 | В 45 | 30-80 | 40-90 | 50-100 |
| 8 | 50 | 60 | ЮВ 45 | 40-90 | 50-100 | 60-110 |
| 9 | 50 | 120 | ЮЗ 45 | 50-100 | 60-110 | 70-120 |
| 10 | 100 | 180 | З 45 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 11 | 100 | 240 | СЗ 45 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 12 | 100 | 300 | СВ 45 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 13 | 50 | 0 | В 30 | 20-60 | 30-70 | 40-80 |
| 14 | 50 | 60 | ЮВ 30 | 30-70 | 40-80 | 50-90 |
| 15 | 50 | 120 | ЮЗ 30 | 40-80 | 50-90 | 60-100 |
| 16 | 100 | 180 | З 30 | 40-120 | 60-140 | 80-160 |
| 17 | 100 | 240 | СЗ 30 | 60-140 | 90-170 | 120-200 |
| 18 | 100 | 300 | СВ 30 | 80-160 | 120-200 | 160-240 |
| 19 | 50 | 45 | ЮВ 75 | 30-80 | 40-90 | 50-100 |
| 20 | 50 | 90 | Ю 75 | 40-90 | 50-100 | 60-110 |
| 21 | 50 | 135 | ЮЗ 75 | 50-100 | 60-110 | 70-120 |
| 22 | 100 | 225 | СЗ 75 | 40-100 | 80-140 | 120-180 |
| 23 | 100 | 270 | С 75 | 50-110 | 90-150 | 130-190 |
| 24 | 100 | 315 | СВ 75 | 60-120 | 100-160 | 140-200 |
| 25 | 50 | 45 | ЮВ 45 | 20-60 | 30-70 | 40-80 |
| 26 | 50 | 90 | Ю 45 | 30-70 | 40-80 | 50-90 |
| 27 | 50 | 135 | ЮЗ 45 | 40-80 | 50-90 | 60-100 |
| 28 | 100 | 225 | СЗ 45 | 20-60 | 50-90 | 80-120 |
| 29 | 100 | 270 | С 45 | 30-70 | 60-100 | 90-130 |
| 30 | 100 | 315 | СВ 45 | 40-80 | 70-110 | 100-140 |

Если все выполнено правильно, сечение рудной линзы будет располагаться на четвертом разрезе еще глубже, чем на третьем.

Скважину проектируем, начиная снизу, то есть, с рудного тела. В идеале скважина должна пересечь линзу перпендикулярно и посредине. В реальности к этому нужно стремиться, во всяком случае, угол встречи скважины с рудным телом должен быть не меньше 30о, иначе скважина не войдет в руду, а соскользнет и пойдет по контакту. Наметив место пересечения скважиной рудного тела, выводим ее на поверхность плавной линией. Следует учитывать, что вертикальные скважины наиболее просты и, следовательно, менее дороги. Затраты на проходку наклонных прямых и тем более искривленных скважин значительно выше. Положение проектной скважины на дневной поверхности выносится на план. Для этого измеряется расстояние от нее до привязочной точки на линии поверхности разреза и откладывается по линии IV на плане. Скважина на плане обозначается кружком.

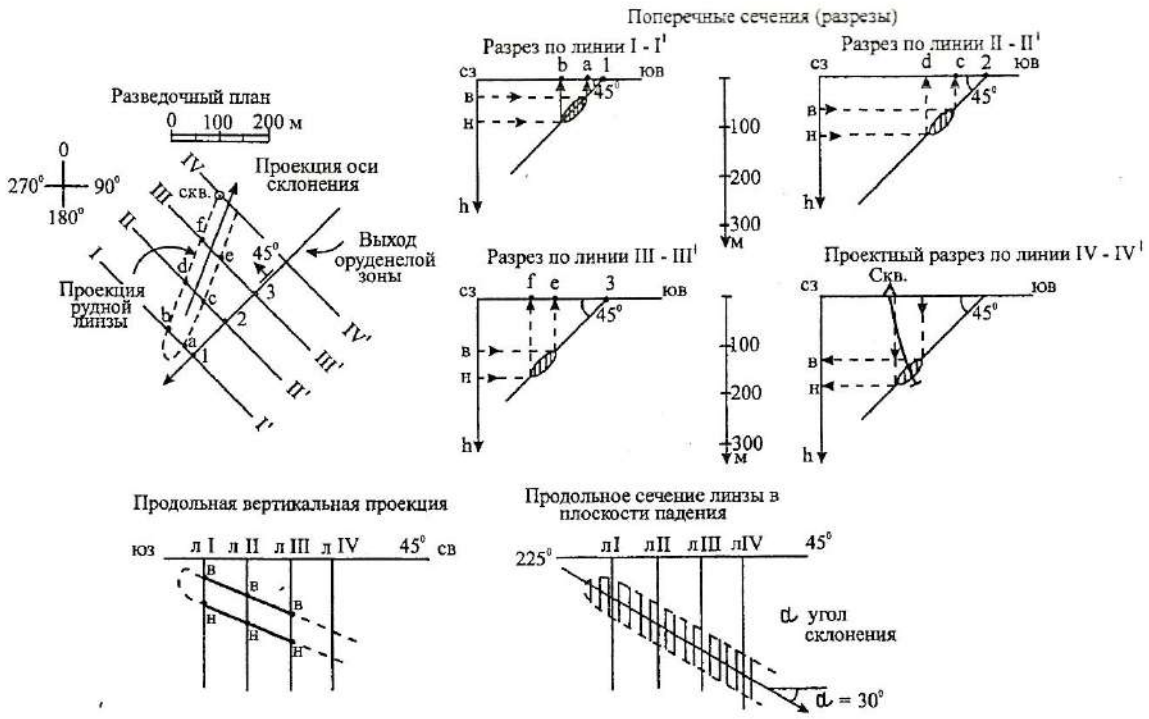



Рис. 1.1. Геометризация рудной линзы:
в – верхняя, н – нижняя отметки (глубины) выклинивания рудной линзы в м; 1, 2, 3 – точки пересечения плоскости оруденелой зоны с горизонтальной плоскостью; a, b, c, d, e, f – точки проецирования контура линзы на горизонтальную плоскость по линии каждого разреза

Поперечные разрезы показывают сечение рудного тела вкрест его простирания. На планах изображаются горизонтальные проекции залежей. Горизонтальные проекции наиболее удобны и легко читаемы, поэтому они используются, если угол падения рудного тела меньше $50^{o}$. При более крутых углах площадь тела на горизонтальной проекции сильно искажается, превращаясь в одну линию при вертикальном падении. В этом случае строятся проекции на вертикальную плоскость.

У вертикальной проекции линия дневной поверхности совпадает с линией выхода оруденелой зоны на плане. Перпендикулярно к ней, то есть вертикально, располагаются разведочные линии. На каждой из них отмечаются глубины верхнего и нижнего контуров (по данным из варианта). Далее, как и на горизонтальной проекции, соединяются отметки верхней и нижней границ соответственно. И также, пользуясь морфологическим приемом, продолжаем границы на глубину, в северном направлении, и выклиниваем на юге на середине расстояния между разведочными линиями.

Отметим, что рудное тело изображается на горизонтальной проекции без искажений, только если залегает горизонтально, а на вертикальной – если падение строго вертикальное. При всех промежуточных величинах угла падения полученное сечение будет уменьшенным, и для определения площади рудного тела необходимо использовать тригонометрические зависимости.

Если угол падения рудного тела достаточно выдержанный, можно использовать проекцию на плоскость, параллельную плоскости падения. В этом случае, линия дневной поверхности также совпадает с линией выхода оруденелой зоны в плане. Аналогичным будет и расположение разведочных линий. Однако, вертикальный масштаб в этом случае неприменим, так плоскость проекции будет наклонная. Отметки верхнего и нижнего контуров рудной линзы также снимаются с поперечных разрезов, но расстояния до них измеряются по линии падения рудоносной зоны. В результате, изображение рудного тела на этой проекции будет визуально шире и расположится глубже.

Продольная проекция в плоскости падения позволяет определить угол склонения залежи, который показывает направление погружения тела. Он измеряется в плоскости падения как угол между осью рудного тела и горизонтальной плоскостью. Угол измеряется транспортиром и записывается на чертеже (Рис. 1.1).

Все чертежи должны иметь заголовок, ориентировку и масштаб.

Время выполнения работы 2 часа.

Более подробное описание работы с вопросами теории представлено в специализированной методической разработке [Выпуск 1].

**НИКУЛИНА И. А.**

# Горнопромышленная геология

## Методические указания к самостоятельной работе

**для студентов специальности 21.05.04 Горное дело**

**г. Екатеринбург**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**


| | | Стр. |
|---|---|---|
| 1. | Объекты эксплуатации и их природные свойства | 4 |
| 1.1. | Объекты горнопромышленной геологии | 4 |
| 1.2. | Факторы промышленной ценности месторождений | 4 |
| 1.3. | Пространственно-морфологические факторы | 5 |
| 1.3.1. | Форма и размеры рудных тел | 5 |
| 1.3.2. | Мощность | 7 |
| 1.3.3. | Угол падения | 7 |
| 1.3.4. | Глубина залегания | 8 |
| 1.3.5. | Взаимоотношения с вмещающими породами и структурами | 8 |
| 1.3.6. | Внутреннее строение рудных тел | 9 |
| 1.3.7. | Тектоническая нарушенность | 9 |
| 1.4. | Объемно-качественные факторы | 10 |
| 1.4.1. | Качество полезных ископаемых | 10 |
| 1.4.2. | Запасы месторождений | 12 |
| 1.4.3. | Связь количества и качества полезных ископаемых | 12 |
| 1.4.4. | Концентрация запасов | 12 |
| 1.5. | Гидрогеологические условия месторождений | 13 |
| 1.5.1. | Физико-географические факторы обводненности | 13 |
| 1.5.2. | Геолого-структурные условия обводненности | 14 |
| 1.5.3. | Собственно гидрогеологические условия | 14 |
| 1.5.4. | Количественная характеристика обводненности | 15 |
| 1.5.5. | Режим подземных вод | 15 |
| 1.5.6. | Гидрогеологическая классификация месторождений | 16 |
| 1.5.7. | Горнотехнические факторы | 17 |
| 1.6. | Инженерно-геологические условия месторождений | 17 |
| 1.6.1. | Физико-географические условия | 17 |
| 1.6.2. | Свойства горных пород | 18 |
| 1.6.3. | Геолого-структурные факторы | 19 |
| 1.6.4. | Трещиноватость горных пород | 19 |
| 1.6.5. | Газоносность массивов | 20 |
| 1.6.6. | Современные геологические процессы | 20 |
| 1.6.7. | Разрабатываемость горных пород | 21 |
| 2. | Виды геологоразведочных работ и методика их проведения | 23 |
| 2.1. | Стадийность ГРР | 23 |
| 2.2. | Геологическая съемка | 24 |
| 2.3. | Прогнозирование и поиски | 25 |
| 2.4. | Методы поисковых работ | 25 |
| 2.5. | Задачи и принципы разведочных работ | 27 |
| 2.6. | Природная изменчивость рудных тел | 27 |
| 2.7. | Технические средства разведки | 29 |
| 2.8. | Способы и системы разведки | 30 |
| 2.9. | Классификация запасов по степени разведанности | 32 |
| 2.10. | Группировка месторождений для целей разведки и эксплуатации | 33 |
| 2.11. | Опробование | 34 |
| 2.11.1. | Виды опробования | 35 |

| | | |
|---|---|---|
| 2.11.2. | Способы отбора проб | 35 |
| 2.11.3. | Плотность сети опробования | 36 |
| 2.11.4. | Обработка проб | 36 |
| 2.11.5. | Контроль опробования | 37 |
| 2.12. | Геологическая документация | 37 |
| 2.13. | Понятие о геолого-экономической оценке | 38 |
| 2.13.1. | Промышленные кондиции | 39 |
| 2.13.2. | Оконтуривание запасов | 40 |
| 2.13.3. | Параметры подсчета запасов | 41 |
| 2.13.4. | Методы подсчета запасов | 41 |
| 2.13.5. | Основные показатели геолого-экономической оценки | 42 |
| 3. | Геологическое обеспечение горного производства | 43 |
| 3.1. | Разведка в пределах горных отводов | 43 |
| 3.2. | Эксплуатационная разведка | 44 |
| 3.2.1. | Эксплуатационная разведка при открытой добыче | 46 |
| 3.2.3. | Эксплуатационная разведка при подземной разработке | 47 |
| 3.3. | Работа рудничной геологической службы | 48 |
| 3.3.1. | Прогноз и планирование количества и качества полезного ископаемого | 48 |
| 3.3.2. | Управление качеством руд | 49 |
| 3.3.3. | Учет движения запасов | 50 |
| 3.3.4. | Учет потерь и разубоживания | 51 |
| 3.3.5. | Гидрогеологические и инженерно-геологические работы | 52 |
| 3.4. | Комплексное использование руд и охрана окружающей среды | 52 |

# 1. ОБЪЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИХ ПРИРОДНЫЕ СВОЙСТВА

## 1.1. Объекты горнопромышленной геологии

Возникновение горнопромышленной геологии как самостоятельного раздела прикладной геологии можно отнести к самому началу 20-го века. В 1900 г. в США в Анаконде Уинчеллом, а в 1908 г. в России на Богословских рудниках на Урале Е.Д. Стратановичем стали проводиться непрерывные геологические наблюдения для решения проблем, возникающих при разработке. Была осознана необходимость систематического геологического руководства эксплуатацией месторождений. Новая отрасль стала называться рудничной геологией, а позднее промышленной или горнопромышленной.

В настоящее время круг задач, решаемых промышленной геологией, достаточно широк. Один из разработчиков ее теоретических основ профессор В.В. Ершов предлагает следующее определение: **горнопромышленная геология – это прикладная научная дисциплина, которая изучает методы, организацию и технологию геологического обеспечения горного производства при проектировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации и ликвидации горных предприятий**. Короче говоря, промышленная геология – это геологическое обеспечение горного производства.

**Предметом** горнопромышленной геологии являются объекты эксплуатации – месторождения полезных ископаемых и их отдельные части. В.В. Ершов предлагает рассматривать разрабатываемые месторождения как горно-геологические объекты и разделить их на 2 группы: геолого-промышленные и горнотехнические (табл. 1).

Таблица 1

Иерархия объектов эксплуатации (по В.В. Ершову)

| Уровень масштаба | Горно-геологические объекты | |
|---|---|---|
| | Геолого-промышленные | Горнотехнические |
| I | Месторождение | Горный отвод |
| II | Рудное тело | Рудничное, карьерное, шахтное поле |
| III | Типы и сорта руд | Выемочный участок |
| IV | Локальные рудные скопления | Горная выработка, забой |

Предлагаемая иерархия, конечно, носит схематический характер. На практике не всегда можно установить все выделенные уровни. К примеру, месторождение может быть представлено одним рудным телом, и тогда уровни I и II совпадут. Или, наоборот, оно может включать множество мелких разрозненных тел, и тогда совместятся уровни II и III и так далее.

## 1.2. Факторы промышленной ценности месторождений

Из всего многообразия природных и технологических свойств месторождений горнопромышленная геология выделяет те, которые определяют целесообразность, возможность и условия разработки. Эти свойства называются факторами промышленной ценности месторождения, или факторами его промышленного освоения, и делятся В.В. Ершовым на 3 класса:

1)общеэкономические,

2)географо-экономические,

3)горно-геологические.

Первые два класса факторов не имеют прямого отношения к конкретным месторождениям. Они важны на уровне отдельных отраслей экономики, видов минерального

сырья, экономических регионов. Эти факторы учитываются, когда решается вопрос о целесообразности эксплуатации месторождения.

К **общеэкономическим факторам** относятся:

1)потребность промышленности в данном виде минерального сырья;

2)наличие запасов данного вида сырья;

3)состояние технологии его разработки, обогащения и использования;

4)наличие заменителей;

5)охрана и рациональное использование недр и другие.

**Географо-экономические факторы** включают: климат, рельеф, освоенность района, наличие промышленных предприятий, население, его занятость, транспортные условия района, обеспеченность электроэнергией, стройматериалами, водными ресурсами и т.д.

Главную роль для горного производства играют **горно-геологические факторы,** которые определяют всю технику и технологию добычи полезных ископаемых. Горно-геологические факторы, в свою очередь, делятся на 4 группы:

1)пространственно-морфологические;

2)объемно-качественные;

3)гидрогеологические;

4)инженерно-геологические.

## 1.3. Пространственно-морфологические факторы

Пространственно-морфологические факторы освоения месторождений включают форму и размеры рудных тел, условия залегания, строение и тектоническую нарушенность.

### 1.3.1. Форма и размеры рудных тел

Форма рудных тел определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию, длины по падению и мощности.

**Длина по простиранию** – это протяженность рудного тела в горизонтальном направлении. Горизонтальная линия, лежащая в плоскости рудного тела, называется **линией простирания**, а угол между направлением на север (меридианом) и линией простирания – **азимутом простирания.**

**Длина по падению** – это протяженность рудного тела на глубину, измеренная вдоль его поверхности. Линия, лежащая в плоскости рудного тела и перпендикулярная линии простирания, называется **линией падения**. Угол между направлением на север и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость, называется **азимутом падения**. Он показывает, в каком направлении тело погружается на глубину и отличается от азимута простирания на 90 или $270^{o}$.

Угол, под которым тело наклонено к горизонтальной плоскости, называют **углом падения**. Он изменяется от $0^{o}$ – горизонтальное залегание до $90^{o}$ – вертикальное падение.

Азимут простирания, азимут падения и угол падения – главные **элементы залегания** любых геологических тел, определяющие их ориентировку в геологическом пространстве. Однако для характеристики рудных тел широко применяются еще два параметра: 1)**угол склонения** – угол между осью наибольшей вытянутости рудного тела и линией простирания, измеренный в плоскости падения тела; 2)**угол скатывания** или **ныряния** – угол между осью вытянутости рудного тела и проекцией этой оси на горизонтальную плоскость.

Наконец, **мощностью** называют толщину рудного тела – измеренное по перпендикуляру расстояние между кровлей и подошвой пологих тел или между висячим и лежачим боком крутопадающих.

Обозначим длину по простиранию Дпр, длину по падению Дпад, мощность М. Тогда формы рудных тел при всем своем многообразии могут быть сведены к трем основным группам.

1. **Изометричные**, Дпр≈Дпад≈М. В эту группу относятся штоки и гнезда.

**Штоки** – рудные тела средних и мелких размеров, по форме близкие к цилиндру: изометричные или эллипсовидные в плане и столбообразные в разрезе.

**Гнезда** – небольшие изометричные тела, характерные для камнесамоцветного сырья, редких и благородных металлов.

2. **Плоские**, Дпр≈Дпад>>М. К плоским, или плитообразным телам относятся, в первую очередь, пласты и жилы.

**Пласты** – это согласные плитообразные тела. Они залегают согласно, то есть параллельно вмещающим породам. Пласт соответствует осадочному слою. Выделяются также **пластообразные залежи**, которые отличаются от пластов меньшими размерами, а также меньшей выдержанностью.

**Жилы** – секущие плитообразные тела. Их границы пересекают контакты вмещающих пород. Жилы, как и магматические дайки – это тела выполнения трещин. Жилы могут быть простыми, а также сложными, ветвящимися и т.п.

3. **Линейные**, Дпр>>Дпад≈М или Дпад>>Дпр≈М. Эта группа объединяет рудные тела, вытянутые в одном направлении. Если преобладающим размером является длина по простиранию, образуются **рудные ленты**, типичные для речных (аллювиальных) россыпей. Если наибольший размер отвечает длине по падению, то рудные тела имеют **столбообразную** или **трубообразную** форму. Рудные столбы и трубы приурочены обычно к пересечениям разломов или к вулканическим жерлам.

Широким распространением для обозначения формы рудных тел пользуются в геологии термины «штокверк» и «линза».

**Штокверк** представляет собой минерализованный объем горных пород. Обычно это массивы магматических пород или их части, насыщенные многочисленными разноориентированными прожилками и вкрапленностью рудных минералов. Такие рудные тела не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования. Обычно штокверки имеют форму, близкую к изометричной. Однако нередко минерализованные зоны штокверкового типа приурочены к разрывным нарушениям (**линейный штокверк**), и тогда их форма будет плоской или линейной.

Термин «**линза**» также не имеет однозначного морфологического содержания. Короткую и толстую линзу можно отождествить с гнездом. Плоские линзы соответствуют плоским рудным телам: согласным, если линза расположена параллельно контактам вмещающих пород, и секущим, если линза залегает косо. Наконец, линзы могут вытягиваться в одном направлении, образуя линейные рудные тела.

Кроме того, нередко встречаются рудные тела сложной, или комбинированной формы. Обычно они представляют собой сочетания, или комбинации тел, принадлежащих к разным группам. Наиболее распространены **крестообразные, грибообразные, седловидные** и пр.

Форма и размеры залежей определяют общие размеры горного отвода, рудничных, карьерных и шахтных полей, способы и схемы вскрыши и подготовки месторождения, схему деления его на выемочные участки, параметры системы разработки, транспортной сети, вентиляции.

### 1.3.2. Мощность

Оценка мощности рудных тел зависит, в первую очередь, от способа разработки.

Для открытой разработки месторождений различают залежи:

- весьма маломощные (до 2 м);
- маломощные (2-10 м);
- средней мощности (10-20 м);
- мощные (20-50 м);
- весьма мощные (более 50 м).

Для подземной разработки рудные тела разделяются по мощности на следующие классы:

- тонкие (до 0.7-0.8 м);
- маломощные (0.8-3 м);
- средней мощности (3-8 м);
- мощные (8-30 м);
- весьма мощные (более 30 м).

Для целей эксплуатации различают рабочую (кондиционную) и нерабочую (некондиционную) мощность. В пределах рабочего контура могут быть участки с нерабочей мощностью. В этих случаях залежь считается прерывистой. В практике пользуются понятиями **выдержанности** и **рудонасыщенности** залежи, которые являются обратными прерывистости. По выдержанности мощности различают 4 типа залежей:

1)выдержанные – участков с нерабочей мощностью нет;

2)относительно выдержанные – суммарная площадь блоков с нерабочей мощностью составляет не более 25% всей площади рабочего контура;

3)невыдержанные – прерывистые, блоки с нерабочей мощностью занимают в сумме до 50% рабочего контура;

4)крайне невыдержанные – блоки с нерабочей мощностью преобладают, их суммарная мощность больше 50% рабочего контура.

Кроме выдержанности, большое значение имеет **изменчивость мощности** – колебания ее величины в пределах рабочего контура. Нередко отмечаются раздувы и пережимы рудных тел, которые снижают эффективность добычи. Особенно важно оконтурить блоки, где вследствие изменения мощности необходимо изменять технологию разработки месторождения.

Наконец, крайне важным является также **характер выклинивания** рудных тел, которое может быть простым, тупым и сложным. При простом выклинивании мощность тел уменьшается до нуля постепенно, при тупом – резко обрывается. При сложном выклинивании тела расщепляются на множество тонких прожилков или пропластков, каждый из которых выклинивается самостоятельно.

### 1.3.3. Угол падения

Из условий залегания рудных тел очень большую роль играет угол падения.

Залежи полезных ископаемых, разрабатываемые открытым способом, по углу падения объединяются в следующие группы:

1)горизонтальные и пологие (угол падения до 8-10$^{o}$);

2)наклонные (от 6-8 до 25-30$^{o}$);

3)крутонаклонные (от 25-30 до 55$^{o}$);

4)крутые, или крутопадающие (от 55 до 90$^{o}$);

5)сложные, характеризующиеся переменными значениями азимутов и углов падения в связи с залеганием в складчатых структурах, зонах разрывных нарушений.

Для целей подземной разработки рудные тела делят на следующие группы:

1)горизонтальные и весьма пологие (с углом падения до 5-10$^{o}$);

2)пологие (от 5-10 до 25-30$^{o}$);

3)наклонные (от 25-30 до 45$^{o}$);

4)крутопадающие (от 45 до 90$^{o}$).

Большое значение имеет также **изменчивость угла падения**. По этому признаку выделяют залегание: 1)крайне изменчивое (угол падения меняется в пределах горной выработки); 2)изменчивое (угол меняется в пределах выемочного участка); 3)устойчивое (в пределах шахтного поля угол не меняется).

Угол падения и его изменчивость, а также размеры залежи по простиранию и падению определяют выбор способов и схем вскрытия и подготовки месторождений, параметров систем разработки, условий доставки руды в очистном пространстве.

### 1.3.4. Глубина залегания

В зависимости от условий образования и глубины эрозионного среза тела полезных ископаемых могут занимать разное положение относительно поверхности рельефа. Для условий открытой разработки по глубине залегания выделяют залежи следующих типов:

1)поверхностные - непосредственно выходящие на поверхность или расположенные под наносами небольшой (до 50 м) мощности;

2)глубинные – перекрытые толщей пород мощностью более 50 м; в пределах этого типа различают залежи средней (50-250 м), большой (250-500 м) и весьма большой (более 500 м) глубины;

3)высотные – размещающиеся выше преобладающего уровня поверхности;

4)высотно-глубинные – расположенные выше и ниже поверхности рельефа.

Большинство рудных месторождений залегает на значительных глубинах, что обусловливает широкое распространение подземного способа разработки. Наибольшая глубина очистных работ в нашей стране составляет более 1 км (рудники Октябрьский и Таймырский Норильского ГМК) и постоянно возрастает. За рубежом горные работы ведутся на больших глубинах: в Индии (Чемпион Риф, Колар) – 3.5 км, ЮАР (Ист Рэнд, Витватерсранд) – около 4 км.

Большая глубина осложняет ведение горных работ из-за резкого возрастания горного давления, увеличения температуры и т.д.

### 1.3.5. Взаимоотношения с вмещающими породами и структурами

Рудные тела являются частью геологического строения определенного участка земной коры и находятся в разных генетических и пространственных взаимоотношениях с вмещающими породами и структурами. По характеру этих взаимоотношений выделяются следующие типы рудных тел:

1)согласные с залеганием вмещающих пород – осадочные, стратиформные, инфильтрационные;

2)залегающие согласно с контактовыми поверхностями разных пород – скарны, остаточные коры выветривания;

3)несогласные с залеганием вмещающих пород, но контролируемые выдержанными структурами – минерализованные дайки, жилы;

4)несогласные с залеганием вмещающих пород и не контролируемые установленными структурами.

Принадлежность рудных тел к той или иной группе в значительной степени влияет на способы и схемы вскрытия и подготовки к отработке, параметры систем разработки, схемы транспортирования и др.

### 1.3.6. Внутреннее строение рудных тел

Внутреннее строение рудных тел бывает, как правило, неоднородным, что связано с непостоянством физико-химических условий в процессе рудоотложения. По сложности внутреннего строения залежи можно разделить на простые и сложные.

**Простые** залежи характеризуются однородным строением, то есть отсутствием существенных включений пустых пород. **Сложные** залежи содержат включения пустых пород и некондиционных руд. Включения могут быть редкие большие, многочисленные мелкие и др.

К особому типу относятся так называемые «**рассредоточенные**» залежи сложного строения, в пределах которых руда и пустая порода распределяются незакономерно и не имеют четких границ. Такие залежи представляют наибольшую сложность и при разведке, и при эксплуатации.

Внутреннее строение рудных тел, а также характер их контакта с вмещающими породами необходимо учитывать при выборе системы разработки.

### 1.3.7. Тектоническая нарушенность

Тектоническая нарушенность является фактором, отрицательно влияющим на промышленную ценность месторождений.

По возрастным соотношениям с оруденением тектонические нарушения делятся на: 1)**дорудные**, 2)**внутрирудные** (**синрудные**, **интрарудные**) и 3)**послерудные** (**пострудные**). Главное значение для целей разведки и эксплуатации имеют пострудные нарушения. Они усложняют первоначальную структуру месторождений, ухудшают качество руд, затрудняют производство горно-эксплуатационных работ.

По характеру вызываемых деформаций пород и руд нарушения могут быть: 1)складчатые, или пликативные, и 2)разрывные, или дизъюнктивные. Они проявляются отдельно, а также образуют комбинированные структуры.

**Складчатые нарушения**, или **складки**, представляют собой пластические деформации без разрыва сплошности горных пород. Они приводят к изменению формы рудных тел, к их смятию. При складчатых деформациях пластичных полезных ископаемых (глина, гипс, минеральные соли) обычно происходит также уменьшение мощности пластов на крыльях и увеличение мощности в ядерных частях складок.

**Разрывные нарушения**, или **разломы**, сопровождаются разрывом сплошности и смещением пород и руд. Горизонтальные смещения называются **сдвигами**. По направлению смещения различают **правые и левые сдвиги**. Среди вертикальных смещений выделяют **взбросы и сбросы**. Как правило, смещения по разломам носят косой характер, то есть включают и горизонтальную, и вертикальную составляющие. Плоскость, по которой происходит смещение, называют **плоскостью сместителя**, или **сместителем.** По положению сместителя относительно рудного тела выделяют разломы **продольные, поперечные** и **диагональные.** По положению сместителя по падению (в разрезе) различают разломы **согласно падающие**, если падение сместителя и рудного тела направлено в одну сторону, и **несогласно падающие**, если сместитель и рудное тело падают в разные стороны.

При изучении разрывных нарушений необходимо определить их возраст относительно оруденения и выделить среди них **пострудные**. Основными признаками отличия пострудных нарушений от дорудных и внутрирудных являются состав и структурно-текстурные особенности полезного ископаемого по обе стороны разлома.

Для пострудных нарушений определяют направление и амплитуду смещения. **Направление** движения устанавливают по ряду признаков: 1)загибам пласта, 2)перемещению обломков руды в направлении смещения, 3)бороздам и зеркалам скольжения, составу обломков вмещающих пород в нарушенной зоне и др.

Определение **амплитуды** смещения по разлому – наиболее сложная часть задачи; решение ее обычно осуществляется совместно маркшейдерами и геологами.

Поиски смещенных частей залежей вызывают необходимость проходки дополнительных объемов буровых скважин и подземных выработок. Тектонические нарушения часто сопровождаются дроблением и милонитизацией (перетиранием) горных пород и руд, что ухудшает качество полезного ископаемого.

В зонах нарушенных пород наблюдается пониженная устойчивость в горных выработках, повышенная обводненность и сосредоточенная фильтрация воды. При очистной выемке требуется применение систем разработки, позволяющих оставлять невынутыми блоки пород в зонах нарушений. Таким образом, тектоническая нарушенность месторождений вызывает дополнительные потери и разубоживание полезного ископаемого и приводит к удорожанию разработки.

## 1.4. Объемно-качественные факторы

Эта группа включает качество полезных ископаемых и их запасы.

### 1.4.1. Качество полезных ископаемых

**Качество минерального сырья** – это совокупность свойств, обусловливающих его использование. Главные признаки, образующие качество, это вещественный состав, структурно-текстурные особенности, физико-механические, физико-химические и технологические свойства полезных ископаемых. Требования к качеству зависят также от направления промышленного использования и технологии переработки сырья.

Качество характеризуется многочисленными показателями, основными из которых являются показатели назначения, технологичности и сохраняемости.

К **показателям назначения** относятся параметры, отражающие вещественный состав руд. Главные из этих параметров – **содержание полезных компонентов** и вредных примесей.

Содержание – это концентрация компонента в руде. Содержание определяется в расчете на массу воздушно-сухой руды. Единицы измерения содержания могут быть разными. Для распространенных элементов (железо, марганец, медь, никель и др.) оно выражается процентным количеством металлов, для редких и радиоактивных (вольфрам, литий, бериллий, уран и т.д.) - их оксидов, для благородных металлов – в граммах на тонну (г/т), для драгоценных камней – в каратах (0.2 г). Содержание полезных компонентов в россыпях указывается в единицах массы, приходящихся на кубометр песков (г/м$^3$).

Требования к качеству полезных ископаемых обычно устанавливаются для каждого предприятия отдельно, исходя из экономических соображений. В целом при более дешевой открытой добыче минимальные содержания принимаются ниже, чем при подземной. Крупные месторождения могут отрабатываться с меньшими содержаниями, чем мелкие. Ниже минимальные содержания устанавливаются для легкообогатимых руд по сравнению с труднообогатимыми. С течение времени, с развитием техники и технологии переработки полезных ископаемых требования к качеству снижаются.

**Вредные примеси** ухудшают качество руды, усложняют процесс ее переработки, удорожают конечный продукт. Вредными примесями для железа являются сера, фосфор, мышьяк, а также олово, цинк, свинец, медь; для марганца – фосфор; для бокситов – кремнезем, сера, ванадий, хром, кальций, медь, органические вещества; для золота – мышьяк; для фосфоритов – магний и т. д. Максимальное количество вредных примесей также нормируется требованиями промышленности к качеству сырья.

Наличие **попутных полезных компонентов,** наоборот, является положительным признаком. При небольших содержаниях их самостоятельная добыча была бы неэкономичной, но при попутном извлечении они представляют собой значительную ценность, и являются важной сырьевой базой ряда редких и рассеянных элементов. Такие попутные компоненты как платиноиды в медно-никелевых рудах, кобальт магнетитовых месторождений, серебро, золото, кадмий, теллур и селен в медно-полиметаллических рудах повышают ценность месторождений вдвое, а запасы этих элементов могут быть даже выше, чем на самостоятельных месторождениях. Наличие в рудах ценных попутных компонентов снижает требования промышленности к содержанию основных металлов.

Для неметаллических полезных ископаемых, представленных минералами и кристаллами (асбест, графит, слюды и др.), качество определяется содержанием в руде полезных минералов и кристаллов, а также совокупностью показателей, характеризующих их специфические свойства, которые определяют условия промышленного использования. Так, для хризотил-асбеста минимальное содержание в рудах колеблется от 2.5 до 6%. В зависимости от длины волокна и содержания включений товарный асбест подразделяется на 8 групп (от 0 до 7) и 42 марки (от 0.7 до 18 мм и более). Кроме того, выделяют 4 текстурные группы по степени распушки. Не менее разнообразны качественные показатели и для других видов неметаллического индустриального сырья, строительных материалов, ископаемых углей.

**Показатели технологичности** – это свойства, обусловливающие эффективность разработки, обогащения или металлургического передела. К ним относятся крепость, абразивность, флотируемость, растворимость и т.д.

Они зависят от: 1)минерального состава сырья, 2)химического состава отдельных минералов, 3)формы и размеров минеральных зерен, 4)характера их срастания друг с другом, с породообразующими и жильными минералами, 5)химического и минерального состава вмещающих пород и жильной массы.

Например, железо, связанное с магнетитом, полностью выплавляется из руд, в то время как практически все силикатное железо теряется. Сульфиды молибдена и сурьмы хорошо флотируются, а охры этих минералов (окисленные руды) теряются при обогащении.

Руды разного состава различаются по технологическим свойствам и перерабатываются по разным технологическим схемам. Тонковкрапленные руды с тесным взаимным прорастанием отдельных минералов, а также руды с колломорфными структурами труднообогатимы. При срастании минеральных зерен по прямым линиям минералы легче освобождаются при измельчении. Неправильные ограничения свойственны халькопириту, сфалериту, золоту и др.

**Показатеями сохраняемости** полезных ископаемых при складировании и транспортировании являются такие свойства, как слеживаемость, окисляемость, самовозгораемость и др.

Важнейшие свойства руд, определяющие показатели технологичности и сохраняемости, будут рассмотрены ниже как инженерно-геологические факторы освоения месторождений.

Наряду с единичными показателями качества полезных ископаемых используются групповые характеристики, такие как **промышленные типы** и т**ехнологические сорта** руд. Промышленные типы выделяют при геологических исследованиях по вещественным и структурным признакам. Технологические сорта устанавливают в пределах промышленных типов с учетом качественных отличий, определяющих особенности технологии переработки.

### 1.4.2. Запасы месторождений

**Запасы полезного ископаемого** – это количество его в недрах, отвечающее по качеству требованиям промышленности. Для разных видов полезных ископаемых запасы отдельных месторождений измеряются от миллиардов т до кг. Например, запасы железных руд и ископаемых углей обычно составляют миллиарды тонн, меди и свинца – сотни тысяч тонн, золота – тонны, некоторых редких и рассеянных элементов, пьезокварца, исландского шпата – десятки килограммов.

По величине запасов месторождения делятся на уникальные, крупные, средние и мелкие.

**Уникальные** месторождения единичны в мире по каждому виду полезных ископаемых. К ним относятся, например, Никопольское (Украина) месторождения марганца, месторождение меди Чукикамата (Чили), золото-урановое месторождение Витватерсранд (ЮАР), молибденовое месторождение Клаймакс (США).

**Крупных** месторождений насчитывается в мире десятки. Это, например, железорудные месторождения Криворожского бассейна на Украине, медное месторождение Джезказган в Казахстане, Хибинский апатитоносный массив на Кольском полуострове. Горные предприятия, работающие на базе крупных месторождений, имеют значение для страны в целом или области.

**Средние** месторождения являются сырьевой базой горных предприятий районного значения.

**Мелкие** месторождения, как правило, не имеют самостоятельного значения, горные предприятия создаются на базе нескольких мелких месторождений.

### 1.4.3. Связь количества и качества полезных ископаемых

Количество и качество полезного ископаемого тесно связаны между собой. Большинство рудных залежей имеют наиболее богатую часть, при удалении от которой содержание полезных компонентов постепенно убывает вплоть до нуля. Подсчет запасов месторождения всегда выполняется в пределах определенного контура. Оконтуривание запасов производится по заданному предельному содержанию полезного компонента. Чем ниже это предельное содержание, тем больше размеры контура и запасы. И наоборот, чем выше предельное содержание, тем меньше будут контуры залежи и запасы полезных компонентов. Таким образом, изменение качественной характеристики ведет к изменению количественных показателей. Понижение минимального содержания полезного компонента ухудшает качество руды, но увеличивает размеры залежей и, следовательно, запасы. Повышение минимального содержания улучшает качество руды, но вызывает сокращение размеров залежи и уменьшение запасов.

Поэтому при оценке месторождений нужно учитывать одновременно и количественные и качественные показатели. Наиболее ценными оказываются, как правило, не те месторождения, которые содержат самые богатые руды, а те, которые обеспечивают максимальные масштабы производства и минимальную себестоимость продукции. Чаще всего к ним относятся крупные месторождения рядовых руд.

### 1.4.4. Концентрация запасов

Кроме общего количества запасов, важно знать характер их пространственного распределения в пределах месторождения как по площади, так и в разрезе, то есть **степень концентрации.**

Если запасы рассредоточены на большой площади и на большую глубину, то разработка такого месторождения потребует большого объема горных работ, что влечет за собой повышение общих затрат и себестоимости руды. Высокая концентрация запасов, то есть сосредоточение их в пределах небольшого объема, снижает затраты.

Концентрацию запасов полезного ископаемого измеряют их количеством, отнесенным на единицу площади или на единицу углубки при разработке. Эти величины называются **продуктивностью месторождения** соответственно **по площади** или **по глубине.**

Концентрация запасов выражается также коэффициентом рудоносности. Коэффициент **рудоносности** – это отношение мощности, площади или объема рудных тел к мощности, площади или объему всей продуктивной толщи, включая и рудные тела. Соответственно различают **линейный, площадной** и **объемный** коэффициенты рудоносности. Коэффициент рудоносности можно определить по скважине, горной выработке, геологическому разрезу, эксплуатационному блоку, месторождению в целом.

## 1.5. Гидрогеологические условия месторождений

Гидрогеологические факторы определяют **обводненность** месторождений полезных ископаемых.

Вода – постоянный компонент вещественного состава горных пород. Она оказывает большое воздействие на состояние и свойства пород, на протекающие в них процессы. Подземные воды обычно тесно связаны с поверхностными и являются важным элементом геологической среды. Для них характерна высокая подвижность и способность к миграции. Миграция подземных вод обусловлена как естественными причинами, так и производством горных работ.

Подземные воды влияют на: 1)качество полезных ископаемых; 2)устойчивость горных пород в горных выработках; 3)условия ведения горных работ; 4)их безопасность. В связи с этим, изучение гидрогеологических условий месторождений представляет одну из важнейших задач горнопромышленной геологии.

Множество гидрогеологических факторов может быть разделено на следующие группы: 1)физико-географические, 2)геолого-структурные, 3)собственно гидрогеологические, 4)горно-технические (техногенные).

### 1.5.1. Физико-географические факторы обводненности

Из физико-географических факторов наибольшее влияние на обводненность оказывают: 1)климат, 2)гидросеть и 3)рельеф.

Из **климатических** зон специфические гидрогеологические условия характерны для зоны вечной (многолетней) мерзлоты. Подземные воды этой зоны принято делить на над-, меж- и подмерзлотные. **Надмерзлотные воды** оттаивают летом и промерзают зимой, их режим имеет сезонный характер. **Межмерзлотные воды** представлены жидкой и твердой фазами, соотношение между которыми не зависит от сезона**. Подмерзлотные воды** по режиму не отличаются от подземных вод других климатических зон.

Поверхностная **гидросеть** влияет на обводненность месторождений при наличии хорошо выраженной гидравлической связи с подземными водоносными горизонтами. Связь эта может осуществляться через слои водопроницаемых горных пород и разрывные нарушения, достигающие поверхности. Они нередко создают благоприятные условия для поступления вод из открытых водоемов. В качестве примера можно назвать месторождения Северо-Уральского бокситоносного района (СУБР), где подземные воды подпитываются речными.

При равнинном **рельефе** сток поверхностных вод замедлен, местность нередко заболочена, месторождения часто расположены ниже базиса эрозии рек и водоемов. Гидрогеологические условия в этих случаях характеризуются неглубоким залеганием грунтовых вод и наличием нескольких горизонтов напорных вод. Водоносные горизон-

ты могут иметь значительный напор, высокую водообильность и разнообразную водопроницаемость. Горные породы здесь часто сильно обводнены.

Для горных областей, напротив, характерна малая и временная обводненность пород.

### 1.5.2. Геолого-структурные факторы обводненности

К геолого-структурным факторам относятся: 1)состав и свойства вмещающих пород и руд, 2)условия их залегания и 3)тектоническая нарушенность.

**Состав и свойства вмещающих пород и руд**. Наиболее низкая обводненность присуща месторождениям, сложенным магматическими, метаморфическими и осадочными сцементированными породами, в которых вода движется только по трещинам. Высокая обводненность характерна для месторождений, в строении которых участвуют карстующиеся породы – карбонатные, сульфатные, хлоридные (известняки, гипсы, минеральные соли).

**Условия залегания**. Наиболее сложные гидрогеологические условия отмечаются на месторождениях, где рудные тела залегают между обводненными водоносными горизонтами, сложенными рыхлыми обломочными породами. Таковы, например, условия месторождений Подмосковного буроугольного бассейна, Никопольских марганцевых месторождений и др.

**Тектоническая нарушенность**. Зоны тектонических нарушений являются участками сосредоточенного, иногда катастрофического поступления воды в горные выработки. Известны случаи затопления шахт и карьеров подземными водами из тектонических нарушений, вскрытых горными выработками.

### 1.5.3. Собственно гидрогеологические условия

Собственно гидрогеологические факторы включают: 1)тип и условия залегания подземных вод и 2)характеристику водоносных горизонтов.

**Типы подземных вод.** По условиям залегания выделяются несколько типов подземных вод: почвенные, верховодка, грунтовые, пластовые, трещинные и карстовые. **Почвенные воды** находятся на поверхности земли в почвах. **Верховодка** – воды, которые собираются над верхними невыдержанными линзовидными прослоями водоупорных пород. **Грунтовые** воды залегают над первым от поверхности выдержанным водоупорным слоем. Грунтовые воды имеют свободную поверхность, которую называют **уровнем** или **зеркалом грунтовых вод. Пластовые** воды локализуются на более глубоких горизонтах в пластах водопроницаемых пород, ограниченных сверху и снизу водоупорными породами. **Трещинные** воды связаны с разрывными нарушениями. **Карстовые** воды приурочены к растворимым **карстующимся породам** и залегают в карстовых полостях внутри них –пустотах, пещерах и пр.

Почвенные воды, грунтовые и верховодка распространены, главным образом, в самых верхних частях земной коры, сложенных современными отложениями песчано-галечного состава. Они затрудняют вскрытие месторождения и повышают обводненность нижележащих коренных пород. Пластовые воды характерны для водопроницаемых толщ. Чаще всего это полускальные осадочные породы, угольные пласты, рудные залежи. Для скальных пород – магматических, метаморфических, некоторых осадочных типичны трещинные воды. Наибольшая обводненность месторождений обусловлена карстовыми водами, распространенными среди известняков, доломитов, мергелей, гипсов и ангидритов, соляных пород.

**Характеристика водоносных горизонтов** включает их количество и мощность, распространение по площади и в разрезе, связь друг с другом и с поверхностными водоемами, режим питания, а также гидродинамические показатели, среди которых

наибольшее значение имеют: 1)влагоемкость, 2)водоотдача, 3)водопроницаемость, 4)водоприток.

**Влагоемкость** – способность горных пород вмещать в себя влагу. Вода, которая может быть заключена в породе, разделяется на 3 вида: 1)физически связанную (гигроскопическую и молекулярную), 2)капиллярную и 3)поровую. Влагоемкость, обусловленная физически связанной и капиллярной водой, снижает эффективность работы горного предприятия, так как вызывает лишние затраты энергии и уменьшает производительность работы механизмов и машин. Полная влагоемкость, объединяющая все виды воды, определяет запасы подземных вод и режим поступления воды в горные выработки.

**Водоотдача** – обратное влагоемкости свойство. Водоотдача обусловлена объемом водонасыщенных пород, их минеральным составом, временем стока воды и др.

**Водопроницаемость** – способность горных пород пропускать через себя (фильтровать) воду. Она зависит от минерального состава, размера зерен, общей и открытой пористости, а также от состава, температуры и степени минерализации воды. Водопроницаемость характеризуется коэффициентом фильтрации, который показывает расстояние, на которое распространяется вода сквозь данную породу за сутки. **Коэффициент фильтрации** измеряется в м/сутки. По величине его породы делятся на 4 группы: 1)водоупорные (<.0.1) – глины, глинистые известняки, монолитные изверженные породы;

2)слабопроницаемые (0.1-10) – лессы, суглинки, аргиллиты, алевролиты, супеси, бурые угли;

3)среднепроницаемые (10-500) – пористые известняки, песчаники;

4)легкопроницаемые (>1000) – крупные пески, галечники, трещиноватые скальные породы.

**Водоприток** – это объем поступающей воды. Он прямо пропорционален водопроницаемости.

### 1.5.4. Количественная характеристика обводненности

Обводненность месторождений количественно определяется запасами подземных вод в пересекаемых водоносных горизонтах. Среди них различают статические и динамические запасы.

**Статические запасы** равны объемам воды в водоносных горизонтах и старых затопленных выработках. При вскрытии месторождений они дают значительный водоприток, который затем снижается.

**Динамические запасы** соответствуют расходу воды, протекающей через поперечное сечение водоносного горизонта в единицу времени.

Главными количественными показателями обводненности являются следующие:

1)**суммарный приток** воды к месторождению, $м^3$/час;

2)**удельный приток** воды на 1 $м^2$ поверхности горных выработок, л/ч· $м^2$;

3)**коэффициент водообильности** – объем воды, приходящийся на 1 т добытой руды, $м^3$/т;

4)**коэффициент фильтрации** основного водоносного горизонта, м/сутки.

### 1.5.5. Режим подземных вод

**Режим подземных вод** – это изменения в поступлении подземных вод во времени. Они включают напор, уровень, температуру, химический и газовый состав, дебит водозаборов и др. Изменение этих параметров происходит под влиянием как естественных, так и искусственных факторов.

Режим подземных вод резко изменяется при освоении месторождений. Различают стационарный и нестационарный режим. При **стационарном** режиме суммарный объем отводимых от выработок вод равен их притоку, при **нестационарном** этот баланс будет положительным или отрицательным. Существует много причин нарушения стационарности режима подземных вод. Одна из самых распространенных – осушение месторождений. В процессе осушения уровень воды снижается и образуются депрессионные воронки, поглощающие дождевые и талые воды, а также воды поверхностных водоемов и водотоков. Другая причина – сдвижение горных пород в результате горных работ с нарушением их сплошности трещинами. Трещины усиливают инфильтрацию атмосферных и поверхностных вод, соединяют одни водоносные горизонты с другими, вызывают перетекание воды и увеличивают водопритоки в выработки.

### 1.5.6. Гидрогеологическая классификация месторождений

Существует целый ряд классификаций месторождений полезных ископаемых по условиям обводненности. Классификация П.П. Климентова, разработанная еще в 1976 г., основана на характере и водообильности горных пород, слагающих кровлю и подошву полезного ископаемого. Всего в ней выделяется восемь типов месторождений.

**1 тип** – месторождения, в разрезе которых широко развиты карстующиеся породы (карбонатные и сульфатные). Месторождения, приуроченные к карстующимся породам, характеризуются максимальной водообильностью. На этих месторождениях приток воды в отдельные выработки превышает 2000 $м^3$/час. К этому типу относятся месторождения СУБРа, Кизеловского каменноугольного бассейна и др.

**2 тип** – месторождения, располагающиеся в толщах несцементированных обломочных пород (песчаных, песчано-галечных и песчано-глинистых). Водообильность этих месторождений высока и характеризуется водопритоком 100-300 $м^3$/час, а иногда и более. Сюда относятся месторождения бурых углей, огнеупорных глин, марганца, фосфоритов, некоторые железорудные месторождения и россыпные месторождения олова, золота, платины, вольфрамита и др.

**3 тип** – месторождения, в геологическом разрезе которых преобладают трещиноватые скальные породы и в подчиненном количестве присутствуют рыхлые песчаные. Водоприток месторождений этого типа также достаточно высок, а при наличии гидравлической связи с поверхностными водами может достигать 400-600 $м^3$/час.

**4 тип** – месторождения, приуроченные к скальным трещиноватым породам. Водообильность этих месторождений определяется степенью трещиноватости пород, но в целом водопритоки в горных выработках, пройденных на этих месторождениях, обычно не превышают 50-150 $м^3$/час. В эту группу относятся слабо обводненные месторождения цветных и редких металлов, некоторые каменноугольные бассейны (Донбасс), большинство железорудных месторождений, некоторые месторождения строительных материалов.

**5 тип** – месторождения с любым геологическим разрезом, расположенные в горных районах и междуречьях с высокими абсолютными отметками. Эти месторождения обычно располагаются выше местного базиса эрозии. Приток воды в горные выработки таких месторождений небольшой, и борьба с ним не представляет трудностей.

**6 тип** – соляные месторождения. Залежи галоидов выделяются в отдельный тип в связи с хорошей растворимостью минеральных солей в воде и их высокой пластичностью, благодаря которой возникающие в соляной толще трещины быстро залечиваются собственным веществом. Залечивание трещин является одной из главных причин отсутствия воды на соляных месторождениях. Кроме того пласты солей часто покрыты мощными глинистыми толщами, не пропускающими воду. Поэтому соляные рудники обычно воды не содержат.

**7 тип** – месторождения, расположенные в толще многолетней мерзлоты. Большинство из них являются сухими или слабо обводненными.

**8 тип** – нефтяные и газовые месторождения, имеющие весьма специфические гидрогеологические условия. На этих месторождениях различают **краевые** воды, распространенные по границам нефтяной залежи, и **подошвенные** воды, подстилающие залежь. Кроме того, в нефтяные и газовые месторождения проникают воды кровли, а также напорные воды, залегающие ниже подошвенных вод, если их напор достаточно высок.

### 1.5.7. Горнотехнические факторы

Из горнотехнических факторов наибольшее влияние на обводненность оказывают следующие: 1)степень осушения месторождения; 2)искусственное обводнение территории; 3)нарушение поверхностного стока при ведении горных работ; 4)отдельные технологические процессы, например, буровзрывные работы; 5)прорывы воды из старых затопленных выработок или скважин.

## 1.6. Инженерно-геологические условия месторождений

Инженерно-геологические условия месторождений характеризуют: 1)разрабатываемость горных пород; 2)их устойчивость в массиве и проявления горного давления при разработке; 3)разные физико-химические процессы, протекающие в массиве и горной массе. В соответствии с этим инженерно-геологические работы на месторождениях включают:1)улучшение разрабатываемости горных пород; 2)управление состоянием массива; 3)управление состоянием добытой горной массы. При этом инженерно-геологические показатели относятся как к естественным массивам горных пород, так и к искусственным. Под искусственными массивами понимаются отбитая и добытая горная масса, навалы на складах, отвалы и товарная продукция предприятия.

Факторы, определяющие инженерно-геологические условия месторождений, включают также 4 группы; 1)физико-географические; 2)физические, физико-механические и физико-химические свойства горных пород; 3)геолого-структурные; 4)современные геологические процессы.

### 1.6.1. Физико-географические условия

Из физико-географических условий месторождения главное значение имеют климат и рельеф.

**Климат**, в первую очередь, влажность и температура воздуха, определяют процессы выветривания горных пород, изменяющего их свойства и состояние массива.

Равнинный **рельеф** характеризуется слабой расчлененностью, замедленным поверхностным стоком. Верхняя часть геологического разреза здесь обычно сложена осадочными породами, для которых характерна малая прочность и низкая устойчивость. Здесь распространены плывуны, карст, оползни.

В горных районах рельеф расчлененный, в разрезе преобладают магматические и метаморфические породы – прочные, устойчивые, обладающие повышенным напряженным состоянием. В таких районах широко развиты гравитационные и водно-гравитационные явления – осыпи, обвалы, сели.

### 1.6.2. Свойства горных пород

Физические свойства горных пород зависят от их состава и строения. Горные породы – это двух- и трехфазные системы, в которых твердая фаза (минеральный скелет) находится в динамическом взаимодействии с жидкой и газообразной фазами. Характер этого взаимодействия в значительной степени определяет состояние и свойства породы.

**Состав и размеры минеральных зерен**, а также **связь их друг с другом** – важнейшие инженерно-геологические факторы. По этим признакам различают горные породы: 1)**раздельнозернистые (рыхлые)**, 2)**связные (глинистые)**, 3)**твердые (скальные)**.

**Физико-механические свойства** горных пород определяют сопротивляемость их деформациям и разрушению. Соответственно различают **деформационные** и **прочностные свойства** горных пород. Твердые породы близки по физико-механическим свойствам к твердым телам. Свойства глинистых пород варьируют в широких пределах. Раздельнозернистые породы ведут себя как сыпучие тела.

На инженерно-геологические условия месторождений влияют также электромагнитные, теплофизические, сейсмоакустические свойства горных пород.

К **физико-химическим свойствам** горных пород относятся их растворимость, окисляемость, коррозионные, абсорбционные, электрокинетические свойства, а также липкость, набухаемость, водопрочность и др.

**Растворение** горных пород вызывается воздействием минерализованных вод, содержащих минеральные и органические кислоты. Для трещиноватых скальных и раздельнозернистых пород характерно прямое растворение, для глинистых пород – диффузионное.

**Окисление** происходит на земной поверхности и в зоне просачивания атмосферных осадков. Ему подвержены, в первую очередь, породы, содержащие органические вещества и легко соединяющиеся с кислородом химические элементы – железо, сера, никель, кобальт и др.

Частный случай окисления представляют собой **самонагревание** и **самовозгорание**, характерные для торфа, горючих сланцев, каменного угля, сульфидных руд. Самовозгораемость существенно влияет на выбор систем разработки, определяет особые требования к условиям складирования и транспортирования горной массы.

**Адсорбционная способность** заключается в поглощении ионов, молекул, коллоидных и глинистых частиц из растворов и газовых смесей. Различают механическую, физическую, физико-химическую и биологическую адсорбцию. Адсорбционная способность типична для тонкодисперсных горных пород, состоящих из мельчайших зерен размером 0.01 мм и менее – глин, углей, торфов, некоторых железных и марганцевых руд и др.

**Электрокинетические и осмотические свойства** также присущи высокодисперсным горным породам (глинистым, лессовым, торфяным). Они могут вызвать в породе деформацию набухания или усадки, изменить условия движения подземных вод.

**Коррозионная активность** горных пород зависит от химического состава, влажности, насыщенности газами и по механизму является электрохимической.

**Липкость** наиболее характерна для влажных связных горных пород (глинистых, лессовых). Липкость обусловливает проявление **слеживаемости** и имеет большое значение при отбойке, доставке и транспортировке горной массы.

**Пластичностью** при определенной влажности и небольших давлениях обладают только глинистые породы, лессы, мергель, мел, торф, почвы.

**Набухание** глинистых пород связано с поглощением ими воды, **усадка** – с отделением ее. Усадка ведет к уплотнению глинистых пород, к повышению сопротивления деформациям, образованию трещин, увеличивающих водопроницаемость.

**Водопрочность** горных пород характеризуется **размокаемостью** для дисперсных горных пород, **размягчаемостью** для твердых и **размываемостью** для раздельнозернистых.

### 1.6.3. Геолого-структурные факторы

При освоении месторождений полезных ископаемых основным объектом инженерно-геологических исследований является массив горных пород. **Инженерно-геологический массив** – это участок земной коры, находящийся в сфере инженерного воздействия. Массив занимает определенную геолого-структурную позицию, характеризуется определенным составом и строением. Свойства массивов обусловлены: 1)свойствами слагающих их горных пород; 2)внутренним строением массивов; 3)тектонической нарушенностью; 4)обводненностью; 5)газоносностью.

Массив нельзя отождествлять только со слагающими его горными породами. Свойства горных пород в образцах и в массиве существенно различаются. Такие свойства, как трещиноватость, гидрогеологические условия, окружающие породы –– присущи только массивам.

Массивы могут быть **открытые**, если рудное тело выходит на поверхность, и **закрытые**, если руды перекрыты более молодыми породами.

По особенностям состава и внутреннего строения в пределах массива могут быть выделены **горно-геологические ярусы**. Они представляют собой структурно-обособленные комплексы горных пород с разным вещественным составом и внутренним строением, то есть с разными горнотехническими условиями. Выделяют массивы одно-, двух-, трех- и многоярусные. При этом ярус, содержащий рудные тела, называют **основным**, нижележащий комплекс горных пород – **подстилающим**. Самый верхний породный комплекс, прилегающий к поверхности земли, носит название **покровного**, а толщи, расположенные между основным и покровным ярусами– **промежуточными.**

Массивы различаются также по тектоническому строению. Например, выделяют массивы с горизонтальным залеганием пород, с моноклинальным залеганием, с моноклинальным залеганием и разрывными нарушениями, массивы складчатого строения, с разрывными нарушениям и дайками магматических пород, массивы крупных магматических тел с ореолом контактовых изменений пород и др.

### 1.6.4. Трещиноватость горных пород

Трещиноватость – важнейший фактор внутреннего строения массивов.

Трещины по генезису делятся на **тектонические** и **нетектонические**. Среди нетектонических трещин, в свою очередь, различают первичные (петротектонические) и вторичные (экзогенно-гравитационные и искусственные).

**Петротектонические** трещины возникают при формировании горных пород, например, при остывании магматических расплавов, при диагенезе осадков. **Вторичные** трещины развиваются под действием экзогенных процессов в поверхностных зонах. Это трещины выветривания, оползней, обвалов, провалов и т.д.

Тектонические трещины формируются в результате тектонических движений. Среди них различают трещины с разрывом сплошности (**отрывы и сколы**) и **кливаж** (складчатый и приразломный).

Монолитные и трещиноватые породы по-разному ведут себя в процессе разрушения. Деформация монолитных пород происходит за счет изменения межузельных рас-

стояний в кристаллической решетке минералов, а трещиноватые породы деформируются за счет сближения и расхождения трещин.

Большое значение имеет геометрия трещин – их густота, ширина, длина, элементы залегания. Микротрещины почти не влияют на сплошность массива, крупные – резко снижают его прочность. Тонкие трещины не увеличивают водопроницаемость массива, но при проходке горных выработок по ним происходит разуплотнение. Состав заполнения трещин, форма их поверхности также влияют на свойства массива.

В связи с этим, изучение трещиноватости – один из важнейших видов инженерно-геологических работ. Оценка трещиноватости заключается в установлении типов и систем трещин, замере их элементов залегания, протяженности и раскрытия трещин, расстояния между ними в системах, в определении характера и степени заполнения трещин, общего объема трещинной пустотности (в %) и др.

### 1.6.5. Газоносность массивов

**Газоносность** горных пород – важный фактор инженерно-геологических условий массивов. Горные породы могут содержать метан, углекислый и сернистый газы, тяжелые углеводородные и инертные газы, азот, водород, оксид углерода, сероводород, радон и т.д. Из них наиболее важны метан, углекислый газ и азот.

Распределение газов на месторождениях зависит от многих факторов: свойств горных пород; условий их залегания; тектонической нарушенности; водо- и газопроницаемости и др.

Наиболее газоносными являются угольные месторождения, где распределение газов зависит, в первую очередь, от состава углей и угленасыщенности стратиграфического разреза.

Выделение газов может происходить:непрерывно из визуально невидимых пор в породах, углях и рудах; в виде суфляров, то есть концентрированных струй, выходящих из видимых трещин и пустот; в виде внезапных прорывов, нередко сопровождающихся выбросами масс горных пород, угля и других полезных ископаемых.

### 1.6.6. Современные геологические процессы

Современные геологические процессы могут сопровождаться: 1)интенсивным изменением состава и строения или разрушением горных пород; 2)смещением и смятием их; 3)мощным динамическим воздействием на горнотехнические сооружения.

К таким процессам относятся **речная и овражная эрозия, абразия, оползни, обвалы, сели, мерзлотно-динамические и карстовые деформации земной поверхности, сейсмические процессы.**

Большое значение имеют также длительно протекающие геологические процессы, такие как **выветривание, осадконакопление, неотектонические движения** и др.

При выветривании происходит механическая дезинтеграция горных пород и химическое разложение слагающих их минералов и образование новых. Глубина зоны выветривания может достигать 1 км. В зоне выветривания по степени изменений в направлении сверху вниз выделяются подзоны: 1)монолитная; 2)глыбовая; 3)мелкообломочная (щебенистая); 4)полного дробления.

Породы в этих подзонах существенно различаются по своим свойствам.

Специфические инженерно-геологические условия существуют в областях **вечной (многолетней) мерзлоты**. Здесь наблюдаются мерзлотно-динамические явления, связанные с замерзанием и оттаиванием воды. К ним относятся **пучение, гидролакколиты, наледи, термокарст, солифлюкция** и др. При оттаивании мерзлых пород происходит их деформация в виде **просадок** и **осадок**. При промерзании пород наблюдает-

ся значительное неравномерное увеличение объема пород, развиваются **морозобойные трещины.**

Поверхностный сток вызывает **смыв, размыв и оврагообразование, селевые потоки, размыв русел, подмыв берегов** и т.д.

Воды подземного стока производят **выщелачивание** пород, **карстообразование**, **фильтрационное разрушение** пород.

Совместное действие поверхностных и подземных вод и гравитационных процессов вызывает **оползни.**

Необходимо учитывать также воздействие эндогенных геологических процессов – сейсмических, неотектонических и т.п. Эти процессы являются неуправляемыми. Поэтому возможность их проявления следует прогнозировать и создавать соответствующие схемы разработки полезных ископаемых.

### 1.6.7. Разрабатываемость горных пород

Оценка **разрабатываемости** горных пород основана на определении сопротивления породы различным воздействиям, меняющим их состояние, главным образом, механическим. Различают **естественное** и **искусственное** изменение состояния горных пород (взрыв, механическое дробление и др.). Следует также рассматривать отдельно свойства пород в **естественном залегании** – в забое, при ведении очистных работ, и свойства **искусственно измененных** пород – при дроблении, погрузке, перемещении, складировании и пр.

Для оценки разрабатываемости горных пород пользуются так называемыми горнотехнологическими параметрами – комплексными показателями, которые характеризуют их поведение при воздействии определенным инструментом, механизмом или при определенном технологическом процессе. Эти параметры устанавливаются эмпирическим путем при проведении контрольных испытаний в стандартных исходных условиях.

**Горнотехнологические параметры** подразделяются на следующие группы:

1)характеризующие **общую разрушаемость** горных пород механическим способом; это, например, твердость, вязкость, дробимость, хрупкость и пластичность;

2)показывающие **разрушаемость горных пород некоторыми механизмами**; это буримость, взрываемость, сопротивляемость резанию и т.д.;

3)оценивающие **воздействие породы на инструмент**; например, абразивность;

4)устанавливающие **производительность других процессов** (кроме разрушения), например, экскавируемость.

**Твердость** пород обусловливает сопротивляемость внедрению в них острого инструмента. Используются показатели **статической** и **динамической** твердости, определяемые соответственно вдавливанием или ударом.

Наиболее трудны для разрушения **вязкие** породы. Для них характерен высокий предел прочности и большая зона пластической деформации. Общепринятого метода определения вязкости не существует, часто ее оценивают сравнением с вязкостью известняка, принятого за эталон.

**Дробимость** пород – величина, обратная вязкости. Дробимость это обобщающий параметр многих механических свойств – упругих, прочностных, пластических. Она выражает энергоемкость процесса дробления при динамической нагрузке. Дробимость обычно определяют через удельный расход энергии на дробление определенного объема породы.

**Хрупкость** определяется через предел прочности при одноосном сжатии. **Пластичность –** обратный хрупкости показатель.

**Буримость** характеризует сопротивляемость горных пород разрушению в процессе бурения. Она оценивается скоростью, временем и энергоемкостью бурения единицы длины скважины или шпура при стандартных условиях проведения опыта для каждого типа буровой машины. Буримость ухудшается с увеличением плотности, прочности, твердости, вязкости, абразивности горных пород. В практике используется классификация горных пород по буримости, в которой выделяется 20 категорий, объединенных в группы: 1)легкобуримые (каменный уголь); 2)среднебуримые (мергель); 3)труднобуримые (габбро); 4)весьма труднобуримые (кварциты). Буримость определяет всю технологию буровых работ.

**Взрываемость** отражает сопротивляемость горных пород разрушению при взрыве и количественно выражается расходом взрывчатых веществ (ВВ) на дробление 1 $м^3$ породы в массиве (**удельным расходом ВВ**). Взрываемость зависит от прочности, вязкости, плотности, упругих и пластических свойств, а также от их структурно-текстурных особенностей и трещиноватости. Среди массивов горных пород по взрываемости различают легко-, средне-, трудно- и весьма трудновзрываемые. Этот показатель определяет технологию взрывных работ.

**Сопротивляемость пород резанию (скалыванию**) характеризуется, главным образом, работой, необходимой для измельчения породы. Этот показатель физически отражает сопротивление срезу (сколу) при сжатии, поэтому его можно оценивать величиной прочности на сжатие и на растяжение. Сопротивляемость резанию является наиболее важным параметром применительно к углям, так как большинство угольных пластов разрабатывается угольными комбайнами, стругами и другими механизмами, к основным процессам при работе которых относится резание.

**Абразивность** отражает способность пород изнашивать при трении контактирующие с ними твердые тела (детали горных машин, инструмент и т.п.). Она обусловлена в основном прочностью, размерами и формой минеральных зерен, слагающих породу. Оценивают ее по степени износа инструмента при сверлении или резании, а также по степени истирания пород абразивными материалами. Наиболее абразивны корундсодержащие породы, порфирит, диорит, гранит. Абразивность влияет на эффективность бурения, резания, скалывания, черпания горных пород.

При работе экскаваторов и других копающих агрегатов выемка породы, то есть копание, производится последовательным отделением стружек в слое. Трудоемкость процесса выемки определяется величиной **удельного сопротивления копанию** (в $Н/м^2$). Для сопоставления пород по **экскавируемости** применяется **относительный показатель трудности экскавации** породы**.**

Свойства пород определяют их поведение при транспортировании. Для сопоставления пород по сопротивляемости их перемещению принимается **относительный показатель трудности транспортирования** породы. Выделяются 5 классов горных пород по трудности транспортирования.

Для сравнения разных пород по разрушаемости используется **шкала М.М. Протодьяконова. Показатель относительной крепости** пород, или **коэффициент крепости Протодьяконова** обозначается **f**). Его значение пропорционально пределу прочности пород на сжатие. В классификации выделяется 10 категорий горных пород. К первой категории относятся наиболее крепкие породы – кварциты, базальты, к десятой – наиболее слабые плывучие породы.

Общая относительная оценка сопротивления породы разрушению проводится по методике **В.В. Ржевского** с учетом напряжений сжатия, растяжения и сдвига в виде **показателя трудности разрушения.** По величине его различают 5 классов пород и 25 категорий.

# 2. ВИДЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И МЕТОДИКА ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

## 2.1. Стадийность ГРР

Геологоразведочные работы (ГРР) выполняются в определенной последовательности. В период с 1984 по 1998 гг. в бывшем СССР было установлено 8 последующих стадий.

1. Региональное геологическое изучение территории:

а) региональные геолого-геофизические исследования масштаба 1:1 000 000 – 1:500 000;

б) региональные геофизические, геолого-съемочные, гидрогеологические и инженерно-геологические работы масштаба 1:200 000 – 1:100 000.

2. Геолого-съемочные работы масштаба 1:50 000 (1:25 000) с общими поисками.
3. Поисковые работы.
4. Поисково-оценочные работы.
5. Предварительная разведка.
6. Детальная разведка.
7. Доразведка:

а) месторождения, не освоенного промышленностью;

б) разрабатываемого месторождения.

8. Эксплуатационная разведка:

а) опережающая,

б) сопровождающая.

Здесь стадия 1 – региональное геологическое изучение территории включает 2 последовательные подстадии, стадия 7 доразведка – независимые друг от друга, а стадия 8 эксплуатационная разведка –параллельные, то есть проходящие одновременно.

Стадии 1 и 2 часто объединяют под общим названием – геологическая съемка, 3 и 4 – поиски, 5 и 6 – разведка, а 7 и 8 - геологическое обеспечение горного производства. Это 4 главных вида геологоразведочных работ.

**Геологическая съемка** – это комплекс геологоразведочных работ, направленных на изучение геологического строения территории и составление геологической карты.

**Поиски** – комплекс работ по обнаружению полезных ископаемых.

**Разведка** состоит в определении промышленной значимости месторождения и получении геологических материалов, необходимых для составления проекта его эксплуатации. Предварительная разведка проводилась на всех без исключения месторождениях, получивших положительную оценку при поисково-оценочных работах, и охватывала все месторождение полностью, включая фланги и глубокие горизонты. Детальная разведка ставилась только на месторождениях, предназначенных для первоочередной отработки, и распространялась только на те их части, которые планировалось разрабатывать в первую очередь. Как правило это центральные, прилегающие к поверхности, части.

**Доразведка** месторождения, не освоенного промышленностью, осуществлялась при пересмотре условий его освоения или при недостатке данных, полученных в результате детальной разведки. Доразведка разрабатываемого месторождения – это разведка в пределах горных отводов, на малоизученных участках.

**Эксплуатационная разведка** начинается с момента начала добычи полезного ископаемого и продолжается в течение всего периода разработки месторождения. Опережающая разведка нацелена на подготовку к эксплуатации новых горизонтов, сопровождающая ведет геологическое обеспечение добычных работ.

В 1998 г. вышло новое временное, а в 1999 г. постоянное «Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям». В этом положении выделяется 3 этапа и пять стадий ГРР (табл.2).

Таблица 2

Этапы и стадии геологоразведочных работ (твердые полезные ископаемые)

| Этапы | Стадии |
|---|---|
| 1. Работы общегеологического и минерагенического назначения | 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых |
| 2. Поиски и оценка месторождений | 2. Поисковые работы |
| | 3. Оценочные работы |
| 3. Разведка и освоение месторождений | 4. Разведка месторождения |
| | 5. Эксплуатационная разведка |

Как видно из таблицы, в новом порядке объединены в одну первые две стадии, а третья стадия – поисковые работы стала второй. Поисково-оценочные работы вместе с предварительной разведкой образовали новую стадию 3 – оценочные работы. Детальная разведка и доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, составили стадию 4 - разведку месторождений. Наконец, доразведка разрабатываемого месторождения и эксплуатационная разведка теперь входят в стадию 5.

## 2.2. Геологическая съемка

Главный метод геологической съемки – геологическое картирование. Основу геологического картирования составляют два методических приема: 1)наблюдения по равномерной сети; 2)прослеживание геологических границ. Плотность сети, или расстояние между точками наблюдения, определяется масштабом геологической съемки. В общем случае оно соответствует 1 см в масштабе карты. В зависимости от масштаба исследований различают съемки: 1)сводные и обзорные – 1:1 500 000 и мельче; 2)мелкомасштабные – 1:1 000 000 и 1:500 000; 3)среднемасштабные – 1:200 000 и 1:100 000; 4)крупномасштабные – 1:50 000 и 1:25 000. На поисковых и разведочных стадиях ведется также детальное картирование в масштабах 1:10 000, 1:5 000, 1:1 000. При эксплуатации составляются локальные планы и разрезы в масштабах 1:500, 1:200, 1:100 и крупнее.

Наряду с наблюдениями по сети при геологическом картировании прослеживаются на местности и выносятся на карту все встреченные геологические границы – контакты пород, разломы, контуры магматических тел, вулканических структур и т. д.

При производстве геолого-съемочных работ широко применяются геологические маршруты, а также проходятся легкие горные выработки – шурфы, канавы и бурятся неглубокие картировочные скважины.

## 2.3. Прогнозирование и поиски

Научной основой поисков является учение о поисковых критериях и признаках, уходящее корнями еще к заповедям древних рудознатцев.

**Поисковые критерии**, или **предпосылки**, это геологические тела и явления, с которыми оруденение связано генетически и, как следствие, пространственно. Различают магматические, вулканические, литологические, тектонические, стратиграфические, палеогеографические, геоморфологические и другие виды критериев.

Известно, что месторождения хромитов приурочены к ультраосновным плутоническим телам дунит-гарцбургитового состава. Следовательно, главным поисковым критерием при поисках месторождений хрома является **магматический** – наличие ультрабазитовых тел.

Месторождения ископаемых углей известны с девонского периода палеозойской эпохи, когда в изобилии появилась древесная растительность. Отсюда одним из ведущих критериев поисков угля служит **стратиграфический**. Залегают угольные пласты среди песчано-глинистых пород, поэтому важнейшее значение для угля имеет **литолого-фациальный** критерий.

Коренные месторождения алмазов приурочены к вулканическим трубкам взрыва, выполненным кимберлитами и лампроитами. Трубки распространены на древних платформах – Сибирской, Русской, Африканской и располагаются обычно группами вдоль зон глубинных разломов. Таким образом, поиски алмазов основываются на **вулканических, магматических, геотектонических** и **разрывных** критериях.

Современным развитием учения о поисковых критериях является теория рудоконтролирующих факторов. Под **рудоконтролирующими факторами** понимаются геологические тела и явления, которые определяют возможность образования, условия размещения, форму, размеры и качество полезного ископаемого.

Рудоконтролирующие факторы, как и поисковые критерии, делятся по видам на магматические, стратиграфические, вулканические и т.д. Кроме того, они различаются и по масштабу действия: одни из них контролируют рудные тела, другие – рудные поля, третьи – рудные районы и т.д.

Выявление и оценка рудоконтролирующих факторов, а затем анализ их размещения в геологическом пространстве – задача **геологического прогнозирования**. Цель прогнозирования состоит в оконтуривании площадей, перспективных на обнаружение данного вида полезных ископаемых. В пределах этих перспективных площадей проводятся поисковые работы.

Если поисковые критерии служат основой для геологического прогнозирования, то методы поисков зависят от поисковых признаков.

Под **поисковыми признаками** понимаются геологические явления, которые говорят о присутствии полезного ископаемого в данном месте. Поисковые признаки принято делить на прямые и косвенные. К **прямым** поисковым признакам относятся находки рудных минералов или продуктов их выветривания, а также околорудных метасоматитов. К **косвенным** относят признаки, которые непосредственно увидеть нельзя. Они выявляются по результатам опробования или по показаниям геофизических приборов. Это, в первую очередь, **геохимические и геофизические аномалии.** На обнаружение тех или иных поисковых признаков направлены различные методы поисков.

## 2.4. Методы поисковых работ

Методы поисковых работ весьма разнообразны и могут быть разделены на 3 большие группы – геологические (минералогические), геохимические и геофизические.

**Геологические методы** включают оценку выходов полезных ископаемых на дневную поверхность и ореолов рассеяния рудных минералов.

Изучение **выходов** направлено на реконструкцию строения рудных тел и состава руд первичной части месторождения по наблюдениям в зоне окисления. Сюда входит исследование остаточных, неизмененных, первичных и вторичных минералов, пустот выщелачивания, индикаторных текстур лимонитов зоны окисления и др.

Широко распространенным методом изучения **ореолов** рудных минералов является **обломочно-речной**, или **русловой**. Он заключается в прослеживании валунов,

гальки и других обломков пород с признаками рудной минерализации. При этом фиксируется направление сноса обломочного материала, внешний вид обломков, степень их свежести и окатанности. Признаками приближения к коренному источнику является увеличение количества рудных обломков, возрастание их размеров, меньшая окатанность и измененность. По результатам составляется карта с нанесением границ распространения обломков – **контуром рассеяния**, или **веером валунов.**

Не менее часто применяется **шлиховой** метод поисков, когда исследуется мелкообломочный материал в элювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных и прибрежно-морских образованиях. Отбираются пробы рыхлых и сыпучих пород весом от 1 кг до десятков и сотен кг. Производится промывка проб на месте в лотках, ковшах, реже вашгердах, с отбросом и удалением крупных фракций (более 2 мм) и тонких легких фракций (глинистых частиц). **Шлих** – это оставшийся от промывки мелкообломочный материал с преобладанием тяжелых частиц, который поступает на исследование. Метод используется для устойчивых в условиях земной поверхности минералов – физически прочных и химически стойких: благородных металлов, драгоценных камней, руд радиоактивных и редких металлов и др. По результатам работ составляются карты шлихового анализа.

**Геохимические методы** поисков подразделяются на литогеохимические, гидрогеохимические, биогеохимические и атмогеохимические.

**Литогеохимический** метод основан на опробовании горных пород, как коренных, так и рыхлых. Наиболее распространенным вариантом литогеохимических исследований является **металлометрическая съемка**, которая производится для прослеживания ореолов рудных элементов на поверхности земли. Метод заключается в систематическом отборе проб. Результаты представляются обычно в виде карт изолиний содержаний разных элементов, на которых выделяются **литогеохимические аномалии** – объект проверки буровыми или горными работами.

Другая разновидность литогеохимического опробования – изучение **донных** илов. Метод применяется для поисков полезных ископаемых, не дающих устойчивых соединений при окислении, а образующих хорошо растворимые соли, которые поступают в виде растворов в водные потоки. Илисто-глинистые донные осадки адсорбируют и накапливают многие металлы. Исследования заключаются в отборе проб донных илов по всей гидрографической сети. Метод эффективен для поисков меди, цинка, никеля, молибдена и др.

**Гидрогеохимический метод** основан на отборе и анализе проб воды. Циркуляция подземных вод и диффузионное перемещение в них компонентов рудной минерализации создают вокруг рудных тел ореолы измененного химического состава подземных вод, которые и выявляются гидрогеохимическими исследованиями. Пробы отбираются из колодцев, озер, болот и т.п. с последующим выпариванием и исследованием сухого остатка.

**Биогеохимические методы** состоят в изучении ореолов рассеяния элементов в растениях. Многие растения всасывают через корни соли, содержащие тяжелые металлы, и накапливают их в корнях, стволах и листьях. По определенной сетке отбирают пробы корней, стеблей и листьев, сжигают их и анализируют золу. По результатам также отстраивают карты изолиний содержаний металлов.

К биогеохимическим относится также **геоботанический метод** – изучение участков развития определенных видов растений, связанных с геохимическими особенностями почв. Метод основан на приуроченности определенных видов растений к почвам, обогащенным теми или иными металлами.

**Атмогеохимические методы** состоят в отборе и исследовании проб воздуха. В этой группе различают метод радиоактивных эманаций, **эманационный**, и метод **газов**, или газовой съемки.

**Геофизические методы** основаны на измерении естественных и искусственных физических полей, сопряженных с телами полезных ископаемых. Различают **магнитометрический**, **гравиметрический**, **сейсмометрический**, **электрометрический**, **радиометрический** методы. Наиболее распространены магнитометрические исследования при поисках железных руд, радиометрические – при поисках урана. Неотъемлемой частью поисков сульфидных руд, угля, графита является электрометрия. Сейсмометрия – основной метод поисков нефтяных и газовых месторождений. Гравиметрия дает хорошие результаты при поисках относительно легких (минеральные соли, гипс, угли) или относительно тяжелых (руды железа, марганца, хрома) полезных ископаемых.

Установленные в процессе поисков минералогические, геохимические и геофизические аномалии проверяются горными и буровыми работами и оцениваются.

## 2.5. Задачи и принципы разведочных работ

Все многообразие задач, решаемых разведочными работами, можно объединить в 3 большие группы: 1)определение количества и качества полезных ископаемых; 2)изучение условий их залегания; 3)оценка экономической эффективности разработки месторождения.

Проектирование и производство геологоразведочных работ базируется на ряде основополагающих принципов.

**Принцип последовательных приближений** заключается в постепенном наращивании знаний об изучаемом объекте. Принцип реализуется в стадийности ГРР – одна стадия строго следует за другой, запасы последовательно переводятся из низких категорий по степени разведанности в высокие.

**Принцип полноты исследований** состоит в необходимости относительно полного и всестороннего изучения месторождения. Включает: 1)обязательное оконтуривание месторождения или участка по всем трем направлениям; 2)полное пересечение рудных тел разведочными выработками; 3)полное и комплексное изучение качества; 4)использование всех данных буровых и горных работ.

**Принцип равной достоверности (равномерности)** предусматривает: 1)равномерное распределение разведочных выработок и пунктов опробования в пределах месторождения; 2)применение методик разведки, опробования, технических средств, дающих равноточные результаты.

**Принцип наименьших затрат** обеспечивает максимальную надежность результатов при минимальных затратах. Число разведочных выработок, число проб, объемы работ в целом должны быть оптимальными: переразведка, как и недоразведка, не допускаются.

## 2.6. Природная изменчивость рудных тел

Изучение свойств объектов эксплуатации показывает, что все геологические тела, в том числе и рудные, обладают изменчивостью параметров. Изменчивость – одно из важнейших свойств рудных тел. Она определяет весь комплекс разведочных работ на месторождении и методику их проведения.

Исследование изменчивости параметров рудных тел показало, что изменчивость может быть закономерной и случайной. При этом **закономерная изменчивость** имеет волновой характер. Выявить закономерную изменчивость чрезвычайно важно. Во-

первых, это позволяет прогнозировать поведение параметра. Во-вторых, позволяет определить оптимальную плотность разведочной сети – расстояние между подсечениями должно быть не больше четверти длины волны, чтобы выявить закономерную составляющую изменчивости.

**Случайная изменчивость** характеризуется беспорядочным распределением параметров, то есть в любой точке пространства их значение непредсказуемо. Изменчивость признака в этом случае оценивается статистическими методами – **коэффициентом вариации.**

В природе, как правило, в чистом виде закономерная и случайная изменчивость не встречаются. В природных объектах проявляется **смешанная изменчивость**. То есть, на фоне случайной, на первый взгляд, изменчивости проявляется закономерная, которая выявляется путем «сглаживания», или аппроксимации вариационной кривой распределения параметра. Связано это явление с тем, что формирование рудных тел происходит в природной среде в сложных, непостоянных, изменчивых физико-химических условиях. Основная причина, приводящая к образованию рудного тела, обусловливает закономерную составляющую изменчивости, а случайные, осложняющие процессы, внешние причины – случайную составляющую. Сочетание главного процесса рудообразования и наложенных, осложняющих, приводят к формированию смешанной изменчивости. Группировка месторождений по степени изменчивости, принятая в геологоразведочном деле, приводится в табл. 3.

Таблица 2

Группировка месторождений по степени изменчивости

| Распределение параметров | Коэффициент вариации, % | Примеры месторождений | Характер изменчивости |
|---|---|---|---|
| Весьма равномерное | До 20 | Осадочные месторождений углей, калийных солей, фосфоритов | Преобладает закономерная |
| Равномерное | 20-40 | Осадочные месторождения железа, марганца, бокситов. Магматические медно-никелевые, железорудные | Преобладает закономерная |
| Неравномерное | 40-100 | Гидротермальные месторождения меди, полиметаллов | Смешанная в разных соотношениях |
| Весьма неравномерное | 100-150 | Гидротермальные месторождения редких и благородных металлов | Преобладает случайная |
| Крайне неравномерное | Более 150 | Гидротермальные месторождения редких, благородных металлов, самоцветов | Преобладает случайная |

## 2.7. Технические свойства разведки

Техническими средствами разведки являются буровые скважины и горные выработки.

**Буровые разведочные скважины** служат универсальным техническим средством разведки. Они применяются либо самостоятельно, либо в сочетании с горными выработками. По способу разрушения горных пород в забое скважины различают вращательное и ударное бурение.

При **вращательном бурении** наиболее эффективно применение наконечников буровых снарядов, полых изнутри – **буровых коронок**. При таком способе бурения получают ненарушенный столбик горной массы – **керн,** что позволяет **составить геологическую колонку (разрез)** месторождения. Такое бурение называется **колонковым** и является основным видом разведочного бурения на рудных месторождениях. Керн обычно отбирается по всей продуктивной толще и частично по вмещающим породам.

Скважины колонкового бурения могут быть **горизонтальными, вертикальными** и **наклонными**. Их можно проходить по породам любой крепости. Вертикальные и наклонные скважины способны достигать больших глубин. Угол подсечения рудного тела скважиной должен быть не менее $30^{o}$, иначе снаряд может пойти вдоль контакта.

Недостатки этого вида бурения – искривление ствола скважины, которое весьма сложно учитывать. Известны случаи, когда скважина описывала полный виток спирали, в результате чего происходил обрыв бурового снаряда. Другие недостатки – неполный **выход керна** и возможность его избирательного выкрашивания, искажающая характеристику качества полезного ископаемого, а также ограниченный объем материала для технологических проб.

Другие виды вращательного бурения – с разрушением горной породы по всему забою скважины – так называемые **роторное** и **турбинное**. Они широко применяются при разведке нефтяных и газовых месторождений.

При разведке россыпей и некоторых пологозалегающих месторождений применяют **ударно-канатное** бурение. В этом способе бурения измельчение горной массы в забое скважины происходит за счет повторяющихся ударов падающего долота. Измельченный материал периодически извлекается на поверхность и поступает в обработку. Достоинством этого метода является высокая скорость проходки, особенно на небольших глубинах (до 150 м), возможность бурения без промывки, получение всего материала в пробу. Бурение большими диаметрами позволяет получить достаточно материала для технологического опробования. Недостатки метода – отсутствие керна и ограниченность бурения только вертикальными скважинами.

**Разведочные горные выработки** применяются как для прослеживания тел полезных ископаемых по их выходам на поверхности, так и для вскрытия глубинных частей месторождений. Наиболее распространены следующие горные разведочные выработки.

**Канавы** проходят в рыхлых отложениях обычно до коренных горных пород. Они целесообразны до глубины 2-3 м. По длине канавы бывают короткими – от нескольких метров до 20-30 м и длинными, или **магистральными**, которые проходятся на сотни метров, вскрывая рыхлые отложения на большой площади. Ширина канав принимается от 0.7 до 1 м. Исследования ведутся на почве канавы и по ее стенкам, если канава врезается на некоторую глубину в коренные породы.

**Шурфы (дудки)** применяют для вскрытия пологих или крутопадающих залежей полезного ископаемого. Они либо служат только для разведочного пересечения залежи, либо играют роль подводящей выработки, из которой проходятся другие подземные

разведочные выработки как по простиранию, так и по падению продуктивной зоны. Сечения мелких шурфов и дудок от 1до 2 м$^2$.

**Штольни** широко применяются в условиях расчлененного горного рельефа и служат для вскрытия месторождения на некотором горизонте. Они бывают двух видов: 1)**прослеживающие** тела полезного ископаемого или продуктивную зону по простиранию; 2)**пересекающие** залежь или зону вкрест простирания. Нормальные поперечные сечения разведочных штолен от 3 до 5.8 м$^2$.

**Шахты** – вертикальные или наклонные, сечением более 4 м$^2$, применяются для разведки месторождения на глубину. **Вертикальные** шахты пересекают тела полезного ископаемого или проходятся в лежачем боку крутопадающей залежи. **Наклонные** шахты задаются от выхода полезного ископаемого и прослеживают залежь по ее падению.

Из штолен и шахт проходятся и другие подземные горные выработки, образующие определенную разведочную сеть в горизонтальной или вертикальной плоскости. Обычными в разведочной практике являются следующие горные выработки, начинающиеся из разведочных шахт (шурфов) или штолен.

**Квершлаги** – горизонтальные выработки, идущие вкрест простирания тела полезного ископаемого или продуктивной зоны. Они бывают значительной длины и служат для соединения ствола шахты или штольни с другими подземными выработками.

**Штреки** – горизонтальные выработки, направленные вдоль тела полезного ископаемого или продуктивной зоны. Они, подобно штольням, прослеживают залежи по простиранию, и если последние обладают небольшой мощностью, то штрек дает наиболее представительное сплошное горизонтальное обнажение. По мощным телам или в случае параллельного расположения нескольких рудных жил или пластов из штрека проводятся поперечные выработки.

**Орты (рассечки)** – горизонтальные выработки, проходящиеся из штолен и штреков для пересечения мощного тела или серии параллельных тел в пределах продуктивной зоны. Орты проходятся через некоторые интервалы в зависимости от изменчивости свойств объекта разведки в продольном направлении.

**Гезенки и восстающие** – вертикальные и крутонаклонные подземные выработки поперечным сечением 2-4 м$^2$, соединяющие соседние горизонты или играющие роль вертикальных рассечек для оконтуривания тела полезного ископаемого выше и ниже горизонта, на котором выполнено разведочное сечение при помощи горизонтальных выработок.

Все перечисленные выработки применяются главным образом в конечный период разведки месторождения и в процессе его отработки подземным способом, выполняя разведочные функции и служа эксплуатационным целям. При проектировании разработки открытым способом нередко используются небольшие **разведочные карьеры.**

Следует отметить также в качестве технических средств разведки **геофизические методы** – гравиметрию, магнитометрию, сейсмометрию, электрометрию. Они широко применяются для оконтуривания площади распространения полезного ископаемого, особенно в начальный период разведки. Однако, применение геофизических методов допустимо только в сочетании с проходкой хотя бы единичных буровых скважин или горных выработок, которые позволяют установить значение геофизической аномалии и качество полезного ископаемого.

## 2.8. Способы и системы разведки

**Способами разведки** называют средства вскрытия полезных ископаемых. Таких средств два – горные выработки и буровые скважины. Отсюда 3 способа разведки: горный, буровой и комбинированный, или горно-буровой.

Разведка **горным способом** в 2-3 раза дороже и в 3-4 раза медленней, чем буровым. Но результаты разведки горным способом всегда более информативны и более надежны. Если нужно отобрать пробу для технологических испытаний, а она составляет до нескольких тонн, то **буровой способ** не годится, он дает мало каменного материала, приходится проходить горную выработку. Горную выработку можно пройти в любом направлении – как по простиранию рудного тела, то есть прослеживающую, так и вкрест простирания – секущую. Скважиной рудное тело по простиранию не проследить за счет ограниченной длины.

С учетом всех достоинств и недостатков разных способов разведки выбирают оптимальный. В общем случае выбор способа разведки определяется степенью сложности геологического строения месторождения. Степень сложности зависит, в первую очередь, от изменчивости свойств оруденения (табл.3). Для разведки месторождений с равномерным и весьма равномерным распределением параметров применяют буровой способ, для месторождений с неравномерным распределением – **комбинированный,** для месторождений с весьма и крайне неравномерным распределением – горный.

Например, на месторождениях алмазов, которые характеризуются крайне неравномерным распределением параметров (в среднем, один кристалл встречается на 60 $м^3$ породы), объем проб обычно составляет около 100 $м^3$**.** Такую пробу можно взять только из горной выработки. Отсюда вывод: алмазные месторождения разведуются только горным способом. Аналогичная картина наблюдается и на месторождениях самоцветов, пьезокварцевого сырья. Более того, разведка здесь совмещается с эксплуатацией. На выходах рудных тел закладывают карьер или проходят разведочно-эксплуатационную шахту (РЭШ).

К перспективным разведочным способам можно отнести **геофизические.** Например, железные руды часто магнитны, и для их разведки используются магнитометры разных конструкций. Разведка ведется на основе измерения магнитных свойств пород и руд. Месторождения урана могут разведываться путем измерения радиоактивности с помощью радиометрической аппаратуры. В целом геофизические методы еще недостаточно разработаны.

**Система разведки** – это совокупность разведочных выработок, увязанных в пространстве и во времени.

Проще говоря, система разведки это расположение разведочных выработок.

Существуют 2 основные системы разведки: 1)**разведка по сети**; 2)**разведка по линиям (или сечениям).**

В первом случае горные выработки или буровые скважины располагаются по правильной сетке: квадратной, прямоугольной или ромбической. Во втором случае выработки располагаются по линиям, которые образуют сечения рудного тела – вертикальные или горизонтальные.

Разведка по сети применяется: 1)при пологом и горизонтальном залегании тел полезных ископаемых (пласты, пластообразные залежи); 2)при разведке крупных линз и штокверков. Разведочные сети обычно бывают квадратные или прямоугольные, реже ромбические и др.

В **квадратной** сетке выработки располагаются в углах квадратов. Квадратную сеть применяют для разведки изометричных тел, штокверков, обладающих одинаковой степенью изменчивости свойств в любом направлении, то есть **изотропией.**

В **прямоугольной** сетке разведочные выработки располагаются в углах прямоугольников. Прямоугольная сеть применяется для разведки тел полезных ископаемых, обладающих разной степенью изменчивости в разных направлениях – **анизотропией** свойств. При этом длинная сторону прямоугольника должна быть ориентирована в направлении наименьшей изменчивости тела – вдоль его простирания, то есть по длин-

ной оси, а короткая – в направлении наибольшей изменчивости - вкрест простирания. Прямоугольную сеть применяют при разведке крупных вытянутых наклонно- и пологозалегающих тел – пластов, жил.

**Ромбическая** сеть применяется при условиях, промежуточных между условиями для квадратной и прямоугольной сетей.

**Системы разведочных сечений** могут быть вертикальными или горизонтальными.

**Горизонтальные** сечения применяются для разведки крутопадающих тел сложной формы (трубообразных, жильных, линейных).

**Вертикальные** сечения применяются для любых по форме тел, характеризующихся переменными, преимущественно крутыми углами падения, со сложным внутренним строением.

Системы горизонтальных и вертикальных сечений могут применяться одновременно. В этом случае верхняя часть месторождения разведуется горизонтальными сечениями (горными выработками в комбинации со скважинами), а глубокие горизонты – вертикальными (буровыми скважинами).

Важнейшей задачей при выборе методики разведки является определение плотности разведочной сети.

**Плотность разведочной сети** выражается расстоянием между точками наблюдения – разведочными выработками или буровыми скважинами. Плотность квадратной сети выражается одним параметром – длиной стороны квадрата. При разведке по прямоугольной сети плотность определяют уже 2 параметра –длинной и короткой сторонами прямоугольника. При разведке сечениями (линиями) плотность сети также характеризуется двумя параметрами – расстоянием между линиями и расстоянием между выработками на линии.

Установление **оптимальной плотности разведочной сети** является самой сложной проблемой при разведке. Оптимальной считается такая плотность сети, которая обеспечивает решение задач разведки при наименьшем количестве разведочных пересечений, то есть при наименьших затратах.

Существуют разные способы определения оптимальной плотности разведочной сети. На поздних разведочных стадиях и при эксплуатации месторождений успешно применяются математические методы, например, выявление закономерной волнообразной изменчивости параметра, определение длины волны и выбор в качестве оптимальной плотности расстояние, равное ее четвертой части. На ранних стадиях разведки обычно используют способ аналогии. Его основой является опыт разведочных работ на аналогичных месторождениях.

В общем случае плотность разведочной сети зависит от степени разведанности запасов и сложности геологического строения месторождения.

## 2.9.Классификация запасов по степени разведанности

Степень разведанности полезных ископаемых выражается в категориях А, В, $C_1$ и $C_2$.

**Категория А** – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей **полное выяснение** условий залегания, форм и размеров тел, природных типов и промышленных сортов полезного ископаемого, их соотношения и пространственного положения; выделение и оконтуривание безрудных и некондиционных участков; полное выяснение качества, технологических свойств полезного ископаемого и природных факторов (гидрогеологических, инженерно-геологических и др.), определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ. Контур запасов полезного ископаемого определен **скважинами или горными выработками** согласно установленным кондициям.

**Категория В** – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение **основных особенностей** условий залегания, форм и размеров тел, выявление природных типов и промышленных сортов полезного ископаемого и закономерностей их распределения. Контур запасов полезных ископаемых определен по данным разведочных **выработок с включением ограниченной экстраполяции.**

**Категория $C_1$** – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение **в общих чертах** условий залегания, характерных форм рудных тел полезного ископаемого, его природных типов, промышленных сортов, качества, технологических свойств, а также природных факторов, определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ. Контур запасов полезных ископаемых определен на основании разведочных **выработок и экстраполяции** по геологическим и геофизическим данным.

**Категория $C_2$** – запасы **предполагаемые**; условия залегания, формы и распространение тел полезного ископаемого прогнозируются на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием полезного ископаемого в отдельных точках, или по аналогии с изученными участками. Качество полезного ископаемого определено по единичным пробам и образцам или по данным примыкающих разведанных участков. Контур запасов полезных ископаемых определяется на основании естественных обнажений, **единичных скважин и горных выработок** или по их совокупности с учетом **геофизических и геохимических данных**, а также путем геологически обоснованной **экстраполяции** параметров запасов более высоких категорий.

Категория А выделяется только на месторождениях простого геологического строения. Доля запасов этой категории не превышает обычно 10 % от общего количества руды. Категория В устанавливается на месторождениях простого строения и крупных рудных телах сложных месторождений. Запасы этой категории представляют не более 20 % всей руды. Месторождения сложного геологического строения с мелкими и средними по размерам телами разведуются только до категории $C_1$, которая составляет 80 % запасов, а для крайне сложных объектов с разрозненными гнездообразными телами – 50 - 20 % (табл. 4).

Кроме разведанных и предполагаемых запасов на ранних стадиях геологоразведочных работ определяются **прогнозные ресурсы** полезных ископаемых, для которых также установлены категории в зависимости от масштаба исследований и размеров выделяемых перспективных площадей. Прогнозные ресурсы обозначаются буквой Р и подразделяются на 3 категории: **$P_1$** –ресурсы потенциальных **рудных тел, $P_2$** – потенциальных **рудных полей, $P_3$** – потенциальных **рудных районов.**

## 2.10. Группировка месторождений для целей разведки и эксплуатации

Опыт геологоразведочных работ обобщен в группировке месторождений для целей разведки и эксплуатации. В основе этой группировки лежит форма и сложность строения рудных тел – главные факторы, определяющие плотность разведочной сети.

Группировка является основным руководством геологов при решении методических вопросов разведки (табл. 4).

Таблица 4

Группировка месторождений для целей разведки и эксплуатации

| Свойства месторождений | Группа сложности | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| Сложности геологического строения | Простого строения | Сложного строения | Сложного строения | Очень сложного строения |
| Форма и размеры рудных тел | Крупные пластовые и пластообразные тела | Крупные тела разной сложной формы | Средние и мелкие тела сложной формы | Крайне сложные по форме мелкие гнездообразные тела |
| Нарушенность залегания и устойчивость мощности | С ненарушенным залеганием и устойчивой мощностью | С нарушенным залеганием и неустойчивой мощностью | С весьма нарушенным залеганием и весьма изменчивой мощностью | С крайне нарушенным залеганием и крайне изменчивой мощностью |
| Выдержанность качества и распределение полезных компонентов | С выдержанным качеством и равномерным распределением | С невыдержанным качеством и неравномерным распределением | С весьма невыдержанным качеством и весьма неравномерным распределением | С крайне неравномерным качеством и прерывистым гнездовым распределением |
| Коэффициент вариации, % | До 40 | 40-100 | 100-150 | Более 150 |
| Соотношение запасов разных категорий | А+В=30%, в т.ч. А≥10%, $C_1$=70% | А+В=20%, $C_1$=80% | $C_1$=80%, $C_2$=20% | $C_1$=20-50%, $C_2$=80-50% |
| Плотность разведочной сети, м | А 50-200<br>В 50-400<br>$C_1$ 100-600 | (А 25-100)<br>В 50-200<br>$C_1$ 50-400 | (В 25-60)<br>$C_1$ 40-120 | $C_1$ 25-50 |
| Примеры месторождений | Осадочные месторождения углей, минеральных солей, фосфоритов, бокситов, железных и марганцевых руд | Магматические и гидротермальные месторождения железа, хрома, меди, полиметаллов и других распространенных металлов | Гидротермальные месторождения барита, флюорита, золота, сурьмы, ртути, молибдена и других мало распространенных металлов | Гидротермальные месторождения камнесамоцветного сырья, пьезокварца, платины и платиноидов, редких элементов |

## 2.11. Опробование

**Опробование** – это важнейший метод изучения полезных ископаемых. Опробование заключается в отборе и исследовании небольших порций породы или руды, называемых пробами. Опробование производится на всех стадиях геологоразведочных работ.

Главное условие опробования – **компетентность пробы**. Это означает, что химический состав и другие свойства пробы должны быть идентичны составу и свойствам руды или породы в массиве. В связи с этим опробование производится по строго определенным правилам.

### 2.11.1. Виды опробования

В зависимости от изучаемых свойств и решаемых задач выделяют 5 основных видов опробования: 1)химическое; 2)минералогическое; 3)техническое; 4)технологическое; 5)товарное.

**Химическое** опробование предназначено для установления содержания полезных компонентов и вредных примесей. Этот вид опробования является самым массовым.

**Минералогическое** опробование выполняется для изучения минерального состава руд, текстур и структур, состава и свойств отдельных минералов, размеров минеральных зерен и т.д. для решения задач обогащения и переработки.

**Техническое** опробование применяют для определения физико-механических показателей, необходимых при подсчете запасов и разработке схем обогащения, а также для определения ценности полезных ископаемых. К таким показателям относятся: 1)объемная масса (кажущаяся плотность); 2)влажность; 3)гранулометрический состав (размеры минеральных зерен); 4)пористость и др. При оценке качества неметаллических полезных ископаемых устанавливают и специфические показатели – длина волокна для асбеста, прозрачность для драгоценных камней, морозоустойчивость для строительного камня и т.п.

**Технологическое** опробование предназначено для разработки рациональных схем обогащения и переработки. При технологическом опробовании определяют: 1)выход концентрата; 2)извлечение металла в концентрат; 3)содержание металла в концентрате; 4)содержание металла в «хвостах» обогащения. Масса технологических проб достигает нескольких тонн.

**Товарное** опробование проводится для определения качества поступающей на переработку или временно складируемой товарной руды.

### 2.11.2. Способы отбора проб

**Пробой** называется порция исследуемого материала, отобранная по определенным правилам и предназначенная для различных испытаний.

Пробы характеризуются определенной **геометрией**. На месте отбора пробы остается углубление, форма, размеры и ориентировка которого и образуют геометрию пробы.

Геометрия пробы определяется, в первую очередь, **текстурой** руды. При массивной или другой равномерной текстуре ориентировка и форма проб может быть любой. В полосчатых и слоистых рудах пробы ориентируют по направлению наибольшей изменчивости, то есть вкрест полосчатости или слоистости. Форма таких проб вытянутая, или линейная. При пятнистом или гнездовом оруденении берется объемная проба.

В зависимости от геометрии пробы разделяются на 3 группы: 1)точечные; 2)линейные; 3)объемные.

**Точечные** пробы отбираются точечным, горстьевым и штуфным способами.

**Точечный** способ состоит в отбойке с опробуемой поверхности по определенной сетке кусочков горной массы, составляющих пробу. Сетка разбивается мысленно или применяется трафарет. Она может быть, как и разведочная сеть, квадратной, прямоугольной или ромбической. Точки отбора располагаются в узлах сетки. Масса пробы обычно составляет несколько кг.

**Гостьевой** способ аналогичен точечному и применяется для отбитой горной массы.

**Штуфной** способ используется при технологическом и минералогическом опробовании. Он заключается в отборе монолитных кусков руды и вмещающих пород массой 1-2 кг и сколков для микроскопического изучения.

**Линейные** пробы отбираются бороздовым и шпуровым способами.

**Бороздовый** способ является наиболее распространенным. При бороздовом способе проба отбирается так, что на ее месте остается прямолинейная борозда стандартного сечения и длиной от 0.5 до 5-10 м. Пробы ориентируются по направлению наибольшей изменчивости, совпадающему обычно с мощностью. Борозда может быть пунктирной, то есть не сплошной, а прерывистой. Отбирают бороздовые пробы вручную или с использованием пробоотборников.

При **шпуровом** способе в пробу отбирается шлам, образующийся при бурении шпуров перфоратором.

**Объемные** пробы берутся валовым и задирковым способами.

**Валовой** способ является самым достоверным, но и самым трудоемким. Его используют при отборе технологических проб. В пробу поступает вся отбитая горная масса с определенных интервалов проходки.

**Задирковый** способ заключается в снятии с определенного интервала рудного тела ровного слоя толщиной до 3 см и более по всей мощности.

Опробование **буровых скважин** осуществляется способом, близким к линейному. При колонковом бурении опробуется **керн**. Он раскалывается вручную или на керноколе вдоль оси. Применяется также распиливание или высверливание. Опробуется весь керн по рудным интервалам. Длина проб до 5 м. При низком выходе керна или при бескерновом бурении опробуется **буровой шлам.**

### 2.11.3. Плотность сети опробования

Расстояние между точками опробования зависит от степени изменчивости оруденения.

В горных выработках, проходящих по простиранию рудного тела, при крайне неравномерном распределении полезных компонентов пробы отбирают после каждой отпалки, то есть через 1.5-2.0 м; при весьма неравномерном – через 2-4 м, при неравномерном - через 4-6 м, при равномерном - через 6-15, при весьма равномерном – через 15-50 м. Пробы берутся по забою.

Все секущие горные выработки (проходящие по мощности) опробуются непрерывно. Пробы берутся по стенке.

Плотность сети опробования может быть рассчитана, как и плотность разведочной сети, математическими методами по специальным формулам.

### 2.11.4. Обработка проб

Обработка проб осуществляется с целью подготовки пробы к анализу. Для химического анализа обычно требуется навеска массой 100 г, измельченная до диаметра частиц меньше 0.1 мм, для пробирного – 0.5 кг с диаметром частиц 1-2 мм. Начальная масса пробы и размер слагающих ее частиц намного больше. Чтобы получить из исходной пробы требуемую навеску производится обработка проб. Главное условие обработки проб, как и для их отбора – это **компетентность навески**, то есть состав и свойства навески должны соответствовать составу и свойству пробы.

Процесс обработки проб включает операции **дробления** (**измельчения**), **просеивания** (**грохочения**), **перемешивания** и **сокращения**. Эти операции выполняются в определенной последовательности и по определенным правилам, чтобы сохранить компетентность навески.

Обработка проб ведется обычно в 3 стадии из соображений экономии. На **первой** стадии материал пробы подвергается **крупному дробления** – до 10-5 мм. Для этого

применяют лабораторные **щековые дробилки**. На **второй** стадии проводят мелкое дробление (**измельчение**) до диаметра частиц 3-1 мм на **валковой дробилке**. На **третьей** стадии осуществляется **истирание** до 0.07 мм при помощи дисковых, вибрационных и механических **истирателей**, стержневых и шаровых **мельниц.**

Для разделения частиц пробы по классам крупности используют сита и грохоты разных диаметров.

При обработке проб используют эмпирическое соотношение между надежной массой пробы и диаметром слагающих ее частиц. Это соотношение выражается **формулой Ричардса-Чечетта: $Q=kd^2$,** где Q – надежная масса пробы в кг, d – диаметр частиц в мм, k – коэффициент, зависящий от характера распределения полезного компонента в массе пробы. При равномерном распределении он равен 0.1-0.2, при неравномерном 0.3-0.4, при весьма неравномерном 0.5-1.0.

Обработка пробы заканчивается формированием двух одинаковых навесок – собственно пробы и ее дубликата, необходимого для контроля опробования.

### 2.11.5. Контроль опробования

Контроль опробования осуществляется в 3 стадии: 1)контроль отбора проб; 2)контроль обработки проб; 3)контроль анализов.

**Контроль отбора проб** заключается в проверке соответствия пробы принятой геометрии и соблюдения плотности сети опробования.

**Контроль обработки проб** состоит в проверке правильности проведения основных операций: дробления, грохочения, перемешивания, сокращения.

**Контроль анализов** делится на внутренний и внешний. **Внутренний** контроль заключается в том, что 5-10 % от общего числа проб отправляется в ту же лабораторию под другими номерами. **Внешний** контроль состоит в том, что часть дубликатов отправляется в другую лабораторию. По результатам контроля определяют погрешность анализов. Допустимые значения этих погрешностей регламентируются инструктивными материалами.

## 2.12.Геологическая документация

Сбор геологической информации выражается в практике геологоразведочных работ в документации всех геологических наблюдений. **Геологическая документация** – это важнейший и наиболее ответственный этап геологоразведочных работ любой стадии.. От качества и надежности геологической документации зависит качество и надежность всех последующих построений и прогнозов.

При геологической документации должны соблюдаться следующие **принципы:**

1)**объективность** отражения информации;

2)**унифицированность** – по единому плану, в единых обозначениях, по единой методике;

3)**тщательность**, аккуратность и точность, доступность для других геологов.

**Объектами** геологической документации являются естественные обнажения, буровые скважины и горные выработки.

**Содержание** геологической документации:

1)горные породы, их минеральный состав, структуры и текстуры, взаимоотношения друг с другом;

2)проявления полезных ископаемых, их форма, размеры, взаимоотношения с вмещающими породами;

3)околорудные изменения вмещающих пород;

4)тектоническая нарушенность;

5)гипергенные изменения.

При документации горных выработок отмечаются также признаки проявления **горного давления**: стреляние, пучение, шелушение, отслоение, вывалы, куполение, заколообразование, интенсивность трещиноватости, степень увлажненности трещин и т.д.

Выделяются 4 основных **вида** геологической документации:

1)**иллюстративно-текстовый** материал – зарисовки и их описание;

2)т**абличный** материал – журналы опробования, описания скважин и т.д.;

3)**каменный** материал – образцы, пробы, керн и шлам скважин, сколки на шлифы и полировки;

4)материалы **фотодокументации.**

В зависимости от поставленных целей выделяют следующие **способы** геологической документации:

1)массовая – схематические зарисовки и описания;

2)детальная и специализированная;

3)структурно-геологическое картирование;

4)фотодокументация.

**Массовая** геологическая документация проводится для всех естественных обнажений, буровых скважин и горных выработок вслед за их продвижением.

**Детальная** документация выполняется только в наиболее интересных в геологическом отношении случаях – в контактовых и тектонических зонах, участках, характеризующих внутреннее строение рудных тел и др.

**Специализированная** геологическая документация используется для решения отдельных частных вопросов. Например, для изучения типов руд, мелкой трещиноватости и т.п.

**Структурно-геологическое картирование** применяется с целью прогнозирования геологических данных на глубину и на невскрытые горизонты. Выполняется с инструментальной привязкой.

**Фотодокументация** наиболее объективна. Она применяется также для геологической документации в недоступных местах , главным образом, в карьерах..

Существует три **формы** геологической документации: 1)первичная (полевая); 2)окончательная (чистовая); 3)сводная (обобщающая).

**Первичная**, или **полевая** документация включает сбор и запись информации непосредственно при проведении разведочных и эксплуатационных работ.

**Окончательная**, или **чистовая** документации выполняется на основе полевой, но с обязательной корректировкой данных по итогам опробования и микроскопического изучения каменного материала.

**Сводная**, или **обобщающая** документация – это графические материалы, которые получают в результате обобщения данных первичной и окончательной документации. Сводная документация служит основой для проектирования горных работ. Основными сводными геологическими документами являются геологические карты района и месторождения, погоризонтные геолого-маркшейдерские планы, поперечные и продольные геологические разрезы, вертикальные продольные проекции и проекции в плоскости падения рудных тел. Кроме того, при необходимости составляются планы качественно-сортовые, размещения руд по маркам, технологические сортовые, геометризация в изолиниях основных показателей (содержаний, мощностей и др.).

## 2.13.Понятие о геолого-экономической оценке

Заключительным этапом разведки является **геолого-экономическая оценка** месторождения. Суть ее состоит в определении **экономической эффективности** его **разработки**. Основой для геолого-экономических расчетов является количество полезного

ископаемого, то есть запасы месторождения. Процесс подсчета запасов включает их оконтуривание, блокировку, определение подсчетных параметров и ведется на основе промышленных кондиций.

.

### 2.13.1. Промышленные кондиции

При проведении геологоразведочных работ изучаются все свойства месторождений и определяются так называемые промышленные кондиции.

**Промышленные кондиции** – это требования промышленности к минеральному сырью. Если говорить более конкретно, то промышленные кондиции – это технико-экономические требования к количеству, качеству и условиям залегания полезного ископаемого в недрах.

Кондиционные показатели делятся на универсальные и частные. Универсальные – те, которые определяются в обязательном порядке для каждого месторождения, частные – устанавливаются при необходимости на отдельных объектах.

**Универсальные кондиции** включают: 1)минимальное промышленное содержание; 2)бортовое содержание; 3)минимальную промышленную мощность; 4)максимально допустимую мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд.

**Минимальное промышленное содержание** – это наименьшее среднее содержание, обеспечивающее экономическую целесообразность разработки месторождения. Минимальное промышленное содержание используется для оконтуривания запасов по простиранию и на глубину. Оно рассчитывается для отдельных рудных тел, блоков, участков или для месторождения в целом.

**Бортовое содержание** – наименьшее содержание в крайних точках (пробах), оконтуривающих рудное тело, включение которых в рабочий контур обеспечивает сохранение внутри него минимального промышленного содержания. Бортовое содержание всегда меньше, чем минимальное промышленное. Оно устанавливается для рудных тел, не имеющих естественных границ.

**Минимальная промышленная мощность** рудных тел устанавливается опытным путем в соответствии с возможностями системы разработки. Для пологозалегающих тел она должна быть не ниже 1.1 м, для крутопадающих 0.6-0.7 м.

**Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд.** Этот показатель устанавливается для больших по мощности рудных тел. Если мощность пустых прослоев меньше максимально допустимой – они включаются в контур, если больше – не включается. В этом случае предполагается, что пустые прослои будут оставлены в целиках или селективно отработаны. В практике существует следующая зависимость между общей мощностью рудного тела им пустыми прослоями: при мощности рудного тела 10 м прослои пустых пород могут быть до 2 м; при 15 м – 3 м; при 20 м – 4 м; при 25 и более – 5 м.

К **частным кондиционным показателям** относятся следующие.

**Переводные коэффициенты для подсчета запасов попутных компонентов.** Для попутных полезных компонентов запасы не подсчитываются как для основных, а определяются с помощью специальных переводных коэффициентов. Эти переводные коэффициенты также устанавливаются кондициями, исходя из содержания попутных-компонентов.

**Максимально допустимое содержание вредных примесей**, которые отрицательно влияют на технологию переработки и качество конечной продукции. Этот показатель также устанавливается кондициями.

**Минимальный коэффициент рудоносности** – линейный, площадной или объемный.

Кондиции рассчитываются по результатам геологоразведочных работ. Они могут быть **временными, постоянными** и **эксплуатационными**. Временные кондиции устанавливаются по результатам оценочных работ, постоянные – по результатам разведки, а эксплуатационные используются при разработке месторождения. В практике часто пользуются серией «Требования промышленности к качеству минерального сырья», включающей отдельные выпуски по разным видам сырья.

На основе кондиций осуществляется подсчет запасов месторождений. Запасы, подсчитанные с соблюдением кондиций, называются **балансовыми**. Выделяются также **забалансовые** запасы, которые рассчитываются по более низким кондициям. Разработка забалансовых запасов является на момент подсчета экономически нецелесообразной.

### 2.13.2. Оконтуривание запасов

**Оконтуривание** является одной из самых ответственных операций при подсчете запасов. Оно заключается в ограничении на планах и разрезах площади рудных тел или их разведанных участков.

Оконтуривание запасов ведется по промышленным кондициям: Запасы оконтуриваются по трем направлениям: **мощности, простиранию** и **падению** рудной залежи. Исходными материалами для оконтуривания служат данные геологической документации и результаты опробования. Вначале оконтуривание выполняется по отдельным выработкам, затем по отдельным разведочным сечениям (вертикальным или горизонтальным) и только потом в целом по рудному телу.

Контур может представлять собой: 1)естественные границы рудных тел; 2)линию с бортовым содержанием; 3) линию с нулевым содержанием полезного компонента; 4)линию с минимальной промышленной мощностью рудного тела; 5)линии разных типов и сортов руд; 6)линии, разграничивающие запасы разных категорий; 7)линии участков с разными условиями вскрытия и разработки; 8)линии предельного содержания вредных примесей.

Если тело не имеет естественных природных границ, его оконтуривают чаще всего по бортовому содержанию или по минимальной промышленной мощности.

При оконтуривании запасов различают внутренний и внешний контуры. **Внутренний контур** – линия, соединяющая крайние точки с кондиционными содержанием и мощностью, **внешний контур** – линия, проведенная за пределами этих точек по более низким (некондиционным) показателям. Площадь между внутренним и внешним контурами принято называть **межконтурной полосой.**

Оконтуривание начинается с определения **опорных точек**, через которые затем проводится линия контура. Положение опорных точек устанавливают методами интерполяции и экстраполяции. **Метод интерполяции** заключается в определении мощности или содержания между смежными выработками. **Метод экстраполяции** состоит в определении мощности или содержания за пределами выработок. Различают **ограниченную экстраполяцию**, когда внешняя контурная линия проводится между рудной и безрудной точками, и **неограниченную экстраполяцию**, когда эта линия проводится за пределами контура выработок, где данные о параметрах рудного тела отсутствуют.

Положение опорной точки между двумя пробами определяется с помощью интерполяции, если содержание полезного компонента изменяется закономерно, то есть переход между рудой и вмещающими породами постепенный. При незакономерном изменении содержания промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием или даже через крайнюю кондиционную пробу. Положение опорной точки при экстраполяции

принимается на половине, трети или четверти расстояния между выработками или определяется по естественным формам выклинивания рудных тел.

Для полого залегающих плоских изометричных тел площадь оконтуривается в плане, для крутопадающих плоских тел – на продольных разрезах и вертикальных проекциях. Для крутопадающих тел с выдержанными углами падения оконтуривание площади проводят обычно на плоскости, параллельной плоскости падения.

Как во внутренних, так и во внешних контурах производится блокировка запасов по категориям, типам и сортам руд, условиям залегания, вскрытия, разработки и т.д.

### 2.13.3. Параметры подсчета запасов

Основными **параметрами** при подсчете запасов твердых полезных ископаемых являются площадь, средняя мощность, объемная масса руды, среднее содержание полезных компонентов и поправочные коэффициенты.

**Площадь** устанавливается в результате оконтуривания рудных тел на планах и проекциях. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры, сложные – с помощью палеток, планиметра или курвиметра.

**Мощность** определяется по результатам опробования, геологической документации или по геофизическим данным. При пологом залегании замеряется **вертикальная** мощность, при крутом падении – **горизонтальная**. По керну или геофизическим данным мощность определяется **длиной рудного интервала**. Эти так называемые наблюдаемые мощности приводятся к **истинной мощности** путем несложных тригонометрических преобразований. Средняя мощность определяется как среднее арифметическое или средневзвешенное значение частных замеров.

**Объемная масса руды** определяется в ненарушенном залегании непосредственно на месте. Вынимается штуф определенного объема и взвешивается. При этом учитывается **естественная влажность руды**, которая определяется как отношение потери массы штуфа в результате высушивания к массе влажного образца. Учет естественной влажности необходим в связи с тем, что анализы проводятся с сухими навесками и содержания полезных компонентов определяются для воздушно-сухой массы.

**Среднее содержание** определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное по скважине, выработке, горизонту, блоку, участку и месторождению в целом. Чаще всего применяют среднее содержание, взвешенное на длину проб, то есть на их мощность.

**Поправочные коэффициенты** вводятся для **уменьшения запасов** при прерывистом (дискретном) оруденении, разобщенности рудных тел, наличии безрудных даек, участков пустых пород, валунов и т.п. Коэффициенты для **увеличения запасов** применяются при избирательном выкрашивании рудных компонентов из керна, при намыве ценных компонентов в разработке россыпей. Могут вводиться поправочные коэффициенты на систематические погрешности химанализов, замеров мощностей в скважинах и др.

### 2.13.4. Методы подсчета запасов

Существует довольно много разных **методов подсчета запасов**. Все они основаны на определении объема подсчетных контуров, которые сравниваются с равновеликими геометрическими фигурами. Запасы подсчитываются по простейшим формулам: **V=Sm, Q=Vd, P=QC/100**, где V – объем тела полезных ископаемых, S – площадь тела на проекции, m – средняя мощность, Q – запасы руды, d – объемная масса руды, C – среднее содержание полезного компонента в %.

Наибольшим распространением пользуются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов и статистический.

**Метод геологических блоков** является универсальным для подсчета запасов плоских тел. При этом методе выделяют блоки разной величины, отличающиеся по степени разведанности, мощности, содержанию полезных компонентов, типам и сортам руд, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям.

Частным случаем этого метода является **метод среднего арифметического**, когда все тело рассматривается как один подсчетный блок.

**Метод эксплуатационных блоков** применяется также для подсчета запасов плоских тел, разделенных горными выработками и буровыми скважинами на эксплуатационные блоки. Оконтуривание и подсчет запасов по каждому блоку аналогично методу геологических блоков.

**Метод разрезов** применяют для подсчета запасов изометричных, трудообразных и сложных по форме тел. Разрезы могут быть **вертикальными** или **горизонтальными.** Заключенная между смежными разрезами часть рудного тела рассматривается как призма, если площади смежных сечений близки, или как пирамида, если эти сечения существенно различаются по площади. Объем части рудного тела между двумя разрезами определяется соответственно по формуле для призмы или пирамиды. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, определяется по формуле клина. При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание определяют вначале для каждого разреза. В блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площадь сечения.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят **статистическими методами**. Это относится в основном к месторождениям IV группы, когда совмещаются разведка и эксплуатация. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

### 2.13.5. Основные показатели геолого-экономической оценки

В связи с переходом к рыночной экономике и изменением экономических условий в стране в 1996 г. была выпущена новая инструкция по геолого-экономической оценке месторождений. В основе предлагаемой методики лежат следующие положения.

Признаком промышленного значения месторождения является величина **минимально-промышленного содержания** в сравнении со средним содержанием по месторождению и наличие на объекте активных запасов. Под **активными запасами** понимаются такие запасы, которые могут отрабатываться в настоящих экономических условиях с достаточным уровнем рентабельности.

Признаком активных запасов подсчетного блока является равенство или превышение среднего содержания полезного компонента над минимальным промышленным содержанием, рассчитанным с учетом современного уровня затрат и цен на товарную продукцию, а также существующих платежей, налогов и отчислений. Выделение активных запасов осуществляется по подсчетным блокам запасов категорий $A+B+C_1$ и $C_2$ и месторождению в целом.

**Минимально-промышленное содержание полезного компонента для рыночных условий соответствует содержанию, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение эксплуатационных затрат, уплату платежей, налогов и отчислений и получение минимальной прибыли, которая соответствует учетной ставке банков с учетом инфляции и принимается равной 5%.**

При оценке эффективности освоения месторождения соизмерение разновременных затрат и показателей осуществляется путем приведения (**дисконтирования**) их к базисному моменту времени (01.01.1996) путем умножения на **коэффициент дискон-**

**тирования**. При расчете экономических показателей учитывается также **коэффициент аннуитета – коэффициент ежегодной ренты**. Коэффициенты дисконтирования и ежегодной ренты рассчитываются по специальным формулам или подбираются по предлагаемым нормам.

Для эксплуатируемых месторождений основными показателями экономической эффективности разработки являются следующие:

1)минимальное промышленное содержание;

2)активные запасы месторождения;

3)чистая дисконтированная прибыль;

4)индекс прибыльности;

5)срок окупаемости капитальных вложений;

6)внутренняя норма прибыли;

7)рентабельность по отношению к производственным фондам;

8)рентабельность по отношению к эксплуатационным затратам;

9)чистая дисконтированная стоимость предприятия.

Все перечисленные показатели рассчитываются по специальным формулам.

## 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Задачи геологической службы горнодобывающих предприятий можно объединить в 3 группы:

1)выявление и оценка новых запасов полезных ископаемых в районе горного отвода – доразведка (или разведка в пределах горных отводов);

2)уточнение данных о разведанных запасах по мере их вскрытия, подготовки и отработки – эксплуатационная разведка;

3)контроль за качеством и полнотой отработки запасов – текущие задачи геологической службы.

### 3.1. **Разведка в пределах горных отводов**

Детальная разведка, как уже отмечалось, выполняется только в той части месторождения, которая предназначена для первоочередной разработки. Фланги и глубокие горизонты, второстепенные рудные тела изучаются только в самых общих чертах. В связи с этим, в период эксплуатации месторождения продолжаются геологоразведочные работы, которые имеют **две основные цели:**

1)поиски и разведка новых рудных тел в пределах горного отвода;

2)разведочные работы на глубоких горизонтах и флангах рудных тел в пределах эксплуатируемых участков.

**Поиски и разведка новых промышленных объектов** направлены на приращение запасов и продление срока деятельности предприятия. Эта задача имеет не только экономическое, но и социальное значение, поскольку от результатов работы предприятия обычно зависит благосостояние всего города.

**Разведочные работы в пределах известных рудных тел** предназначаются для повышения их разведанности, для планирования добычи и качества, для оптимизации систем вскрытия и разработки. Наименее разведанными чаще всего являются так называемые параллельные рудные тела в висячем или лежачем боку главного тела, а также глубокие трудно разведуемые с поверхности горизонты месторождений. Разведочные работы проводятся с такой детальностью, которая позволяет перевести запасы из категории $C_2$ в $C_1$, В и А в соотношениях, обеспечивающих нормальное развитие добычных работ.

Кроме того, разведка в пределах горных отводов проводится для уточнения деталей геологического строения, которые были недостаточно изучены в период разведочных работ. Чаще всего это гидрогеологические, инженерно-геологические условия месторождений или отдельных рудных тел, а также возможности комплексного использования руд.

Иногда доразведка вызывается необходимостью **пересмотра кондиций** в связи с изменением горно-геологических условий разработки или технологических свойств полезного ископаемого, или в связи с внедрением высокопроизводительной техники.

**Методика проведения ГРР в пределах горного отвода** принципиально не отличается от методических приемов разведочных работ в целом. Существенным отличием от других стадий является **необходимость увязки системы разведки с системой вскрытия и подготовки месторождения**, и в ряде случаев, с системами отработки.

При разведке глубоких горизонтов широко используется **подземное бурение.** Специальное оборудование для подземного бурения размещается в подземных горных выработках технического назначения. Надежность геологической информации, получаемой при подземном бурении, бесспорно выше, чем при бурении с поверхности, так как учет искривления подземных скважин значительно проще.

При обосновании плотности разведочной сети в период доразведки, методики опробования, рационального комплекса геохимических и геофизических работ, кондиций для подсчета запасов используются результаты детального геологического изучения важнейших параметров разрабатываемого месторождения, то есть **внутриобъектная аналогия**. Данные эксплуатации месторождения часто вызывают необходимость корректировки плотности сети наблюдений, которая, как правило, направлена в сторону уменьшения по сравнению с рекомендуемой инструктивными материалами. Особенно часто такая корректировка необходима для месторождений III и IV групп сложности, которые представлены, как правило, многочисленными рудными телами крайне сложного строения.

В методике проведения разведочных работ в пределах горных отводов и используемых технических средствах имеются различия, обусловленные способами отработки – открытым или подземным.

Для **открытых работ** требуется более детальное изучение периферийных частей рудных тел, что необходимо для более обоснованного определения контура карьера и особенно размещения производственных коммуникаций и объектов. Это обстоятельство, наряду с относительной простотой геологического строения месторождений, разрабатываемых открытым способом, обусловливает более высокое соотношение запасов категории В на карьерах, по сравнению с подземными рудниками. Запасы категории В составляют нередко 60-80 % всех промышленных запасов в контуре карьера. Поэтому доразведка в пределах горных отводов карьеров, как правило, проводится в значительно меньших объемах, чем на рудниках, а часто не проводится вообще.

При **подземной разработке** разведка в пределах горного отвода осуществляется на всех месторождениях, независимо от группы сложности. Глубокие горизонты разведуются обычно скважинами подземного бурения из квершлагов технического назначения с расчетом подсечения рудных тел на горизонтах, опережающих фронт очистной выемки на 3-5 лет.

### 3.2. Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка является неотъемлемой и наиболее важной стадией геологоразведочных работ в период отработки месторождения. К эксплуатационной разведке относятся разведочные работы, проводимые на действующих карьерах и руд-

никах в пределах контура утвержденных запасов с целью обеспечения нормального хода подготовительных, нарезных и очистных работ на месторождении и решения вопросов наиболее эффективной отработки запасов. Необходимость проведения эксплуатационной разведки обусловлена сложностью строения тел полезных ископаемых и их локальных участков, которые не могли быть выявлены, или их выявление не было целесообразным на предшествующих разведочных стадиях по экономическим соображениям.

Основными **задачами эксплуатационной разведки** являются:

1)уточнение **условий залегания, размеров и формы рудных тел, их внутреннего строения** в пределах рабочего или подготавливаемого к отработке этажа или горизонта;

2)уточнение **качества руд, распределения полезных компонентов и вредных примесей** в рудных телах, детализация пространственного распределения и соотношения разных типов и сортов руд;

3)оконтуривание **безрудных блоков** внутри рудных тел и прослеживание контактов кондиционной руды с вмещающими породами;

4)уточнение **гидрогеологических, инженерно-геологических условий** эксплуатации, выявление и прослеживание тектонических зон, опасных по воде, газу и т.п.

Перечисленные задачи решаются совместно, но в зависимости от конкретной обстановки на первое место может выдвигаться решение того или иного вопроса. Объектом основного внимания при эксплуатационной разведке на конкретном месторождении являются параметры, недостаточно изученные на предшествующих разведочных стадиях и оказывающие наибольшее влияние на ход горнодобычных работ. В связи с этим для эксплуатационной разведки характерны следующие **особенности**, отличающие ее от других стадий разведочных работ.

1. Эксплуатационная разведка проводится не на всем месторождении, а **последовательно по мере развития очистных работ**, опережая их не более чем на 1-2 горизонта (этажа). Проведение разведки на больший период означало бы омертвление основных фондов, так как затраты на ее проведение относятся на себестоимость продукции и, кроме того, эффективность ее снижается с увеличением глубины.

2. Задачи, последовательность проведения, пространственная приуроченность и допустимые пределы опережения фронта очистных работ приводят к тому, что **разведочные выработки и скважины часто короткие, не пересекающие на всю мощность рудное тело**, тогда как на других разведочных стадиях такие подсечения считаются браком.

**3.** Система эксплуатационной разведки и плотность разведочной сети зависят не только от природных геологических факторов, но также и от **применяемых систем разработки.**

В процессе становления методики эксплуатационной разведки четко наметилась необходимость ее подразделения на **две подстадии** – опережающих и сопровождающих очистную выемку разведочных работ, которые различаются по целевому назначению, методике проведения и по применяемым техническим средствам.

**Опережающая** эксплуатационная разведка проводится в пределах горизонтов и этажей, подготавливаемых к отработке, и имеет своей целью уточнение контуров рудных тел и установление других параметров с детальностью, обеспечивающей составление локальных проектов отработки и планирование подготовительных и нарезных выработок. Решение задач, стоящих перед опережающей эксплуатационной разведкой, осуществляется проходкой горных выработок и скважин целевого назначения, выполняемых по заранее составленному проекту. Она опережает фронт очистных работ на 2-3 года.

**Сопровождающая** эксплуатационная разведка проводится в отрабатываемых блоках и заключается в геологической и геофизической документации и опробовании нарезных и очистных выработок, опробовании шпуров и скважин, буримых для отбойки руды. Данные эксплуатационного опробования используются для корректировки проводимых добычных работ, управления процессом добычи, составления оптимальной шихты, повседневного контроля за полнотой и качеством отработки запасов, а также для определения и учета фактических потерь и разубоживания.

### 3.2.1. Эксплуатационная разведка при открытой добыче

Основные **задачи** эксплуатационной разведки при ее проведении на карьерах заключаются в точном установлении контуров рудного тела, выделении и оконтуривании типов и сортов руды, уточнении инженерно-геологических условий эксплуатации.

Назначение **опережающей** эксплуатационной разведки при открытых работах состоит в уточнении внешних контуров залежи на горизонтах (одном-двух), расположенных ниже горизонта текущих очистных работ, предварительном прослеживании и оконтуривании внутрирудных блоков пустых пород, технологических сортов руд. Эти задачи обусловлены необходимостью определения разносов бортов карьера, перспективного и текущего планирования добычи. Соответственно запасы руд, охваченные эксплуатационной разведкой, должны быть не менее объема годовой добычи, а для обеспечения маневрирования горными работами превышать его в 2-3 раза. Эксплуатационная разведка осуществляется обычно **бурением колонковых вертикальных скважин**, в некоторых случаях скважин, проходимых сплошным забоем – ударно-канатного или ударно-вращательного бурения. Плотность разведочной сети определяется в зависимости от сложности геологического строения. В среднем она в 2 раза превышает плотность сети для запасов категории В. Система эксплуатационной разведки приспосабливается к системе детальной разведки последовательным сгущением скважин в профилях. Разведочная сеть сгущается дифференцированно в зависимости от сложности строения залежи. В первую очередь бурятся скважины **в контурной зоне.** Бурение промежуточных профилей производится в случаях, если данные основных профилей не дают однозначного решения. При этом промежуточные профили могут быть короткими, охватывающими **приконтурную полосу**, или скважины бурятся для прослеживания и оконтуривания внутрирудных прослоев, различных технологических типов и сортов руд и т.п. В участках сложного выклинивания и тектонических нарушений сеть может сгущаться до необходимого предела, кроме того, бурятся одиночные скважины для уточнения имеющихся неясностей.

Для месторождений цветных и редких металлов эксплуатационная разведка осуществляется преимущественно бурением скважин колонкового или ударно-вращательного бурения с проходкой **контрольных шурфов**, которые стремятся проходить по оси скважин. Необходимость проходки горных выработок диктуется здесь имеющими место расхождениями между данными разведки и эксплуатации по причине избирательного истирания керна.

**Сопровождающая** эксплуатационная разведка приурочивается ко времени проведения очистных работ и проводится с использованием **буровзрывных скважин.** Кроме того, роль разведочных выполняют также разрезные траншеи, борта уступов и забоев карьера. По данным опробования буровзрывных скважин составляются проекты на проведение массовых взрывов, ведется планирование и контроль добычи. Опробование буровзрывных скважин проводится по шламу, выдуваемому воздушной или воздушно-водяной смесью, с применением механических пробоотборников разных конструкций.

Плотность сети отбора проб находится в зависимости от неравномерности распределения компонентов в рудном теле. Определенное влияние оказывают также размеры очистного блока и расстояние между буровзрывными скважинами. Наиболее распространены системы **с отбором проб из каждой скважины**, то есть по сети 6х6 или 8х8 м (сложные по распределению компонентов и сортов руд залежи), **через одну** – 12х12 м (относительно простые залежи). Для рудных тел, имеющих отчетливо выраженную анизотропию в распределении компонентов и горизонтальном сечении, устанавливается **прямоугольная сеть**, то есть опробуется каждая скважина вкрест простирания и через одну по простиранию. Обоснование сети отбора проб и представительность шламовых проб на каждом месторождении производится экспериментально.

Помимо рядового химического опробования шлам буровзрывных скважин используется для отбора малых технологических проб. В определенных условиях опробование буровзрывных скважин успешно осуществляется геофизическими методами.

### 3.2.2. Эксплуатационная разведка при подземной разработке

В методике проведения эксплуатационной разведки при подземной добыче имеется значительно больше вариаций чем при открытой. Это связано с большим разнообразием морфологических типов тел полезных ископаемых, разрабатываемых подземным способом, и как следствие, многочисленностью систем разработки. Порядок и методика проведения эксплуатационной разведки в шахтном поле определяются, главным образом, применяемыми системами разработки. С этой точки зрения системы разработки можно объединить в **2 основные группы**.

1. **Системы, требующие характеристики рудной залежи на всю высоту эксплуатационного этажа** до начала очистной выемки, предусматривающие отработку очистных блоков на единственный приемный горизонт, положение которого должно устанавливаться с максимальной точностью. В эту группу относятся все камерные – системы, а также системы с массовой отбойкой руды – слоевым массовым обрушением, подэтажным и этажным обрушением. Система подготовки заключается в проходке большого количества выработок для выпуска руды и ее транспортировки. Очевидно, что системы подготовки и нарезки блока должны быть запроектированы на добротной геологической основе, так как при изменении представлений о морфологии рудного тела перестройка горных работ весьма затруднительна.

2. **Системы, включающие различные варианты с магазинированием, слоевой выемки, с креплением выработанного пространства** и т.п. Эта группа систем позволяет сравнительно легко видоизменять конструкцию очистных блоков при изменении представлений о морфологии рудного тела.

**Опережающая** эксплуатационная разведка для систем обеих групп заключается **в проходке опережающих разведочных скважин и иногда горных выработок**. Обычно с горизонта эксплуатации на нижележащий горизонт, через определенный интервал по простиранию и по 2-4 в вертикальном разрезе, бурятся **наклонные нисходящие скважины**. Эти скважины приурочиваются, по возможности, к разведочным линиям или границам эксплуатационных камер. При необходимости бурятся также **горизонтальные скважины** и иногда **восстающие**. Данные скважин служат основой для трассирования основных подготовительных выработок (откаточных штреков, ортов, восстающих), которые одновременно выполняют функции разведочных. По этим материалам производится составление технического проекта на отработку камеры.

**Сопровождающая** эксплуатационная разведка совмещается с **проходкой нарезных выработок и скважин**, буримых для отбойки руды.

Таким образом, первый период эксплуатационной разведки преследует основную цель – уточнение положения рудного тела, его морфологических особенностей с де-

тальностью, обеспечивающей составление локальных проектов отработки и перспективное планирование горных работ и добычи на период до 2 лет. Второй период обеспечивает оперативное планирование добычи и управление качеством, а также полноту выемки запасов с наименьшими потерями и разубоживанием.

При выборе методики эксплуатационной разведки и плотности сети наблюдений за основу принимается тот фактор, который оказывает решающее влияние на ход подготовительных и очистных работ. Такими факторами могут быть особенности формы рудных тел, смещение их послерудными тектоническими нарушениями и др.

При опережающей эксплуатационной разведке весьма сложных по строению рудных тел цветных и редких металлов (жилы, жилообразные тела, зоны трубчатой формы) применяются штреки, орты, рассечки, проходимые таким образом, чтобы их можно было использовать в качестве заездов при выпуске руды из блока. Для разведки используются также вентиляционные восстающие, из которых проходятся рассечки и бурятся короткометражные скважины с расстоянием между ними 10-20 м по простиранию и падению.

Сопровождающая эксплуатационная разведка производится посредством документации и опробования нарезных и очистных выработок, опробования шлама шпуров и буровзрывных скважин, при определенных условиях успешно применяются геофизические способы определения содержания в скважинах и горных выработках**. Методические приемы** сопровождающей эксплуатационной разведки сводятся к **двум принципиальным схемам**, определяемым системами разработки. В системах, характеризующихся массовой отбойкой руды и невозможностью доступа в очистные камеры, получение дополнительной информации, необходимой для точного оконтуривания рудных тел, составления оперативных графиков выдачи руды определенного качества осуществляется путем **опробования или каротажа буровзрывных скважин и частично документации и опробования нарезных выработок** (забоев компенсационного пространства, подэтажных штреков, буровых камер).

При отработке рудных тел системами с постепенным подвиганием очистного забоя (слоевая выемка, камерно-столбовые – при небольшой мощности рудного тела, с распорной крепью и др.), где доступ к очистному забою не ограничен, эксплуатационное опробование осуществляется путем **систематического опробования и документации очистного забоя и периодического прощупывания зальбандов короткими скважинами, шпурами или рассечками**. Расстояния между слоями варьируют от 2 до 8 м, между бороздами в слое от 2 до 5 м в зависимости от сложности строения рудного тела и характера распределения в нем компонентов.

## 3.3. Работа рудничной геологической службы

Текущие задачи рудничной геологической службы включают прогноз и планирование количества и качества минерального сырья, управление качеством продукции, учет движения запасов, потерь и разубоживания, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования.

### 3.3.1. Прогноз и планирование количества и качества полезного ископаемого

Необходимость **прогноза** и **планирования** количества и качества полезного ископаемого при разработке месторождения обусловлена изменением этих показателей в процессе добычи и переработки. Прогнозирование количественно-качественных показателей проводится в ходе планирования горных работ. Прогнозируются следующие показатели**: количество горной массы, количество руды и ее качество в целом и по типам и сортам**. В качестве исходных документов для прогноза используются каче-

ственно-сортовые планы, планы опробования горизонтов и другие рабочие графические материалы, на которых обобщаются данные опробования горных выработок и скважин.

Для прогноза на качественно-сортовые планы наносят плановый контур добычи. Внутри него по бортовым значениям оконтуривают полезное ископаемое и в пределах площади промышленного оруденения согласно техническим условиям графически или статистически выделяют участки различных сортов. Для каждого участка подсчитывается среднее арифметическое или среднее взвешенное содержание полезных и вредных компонентов. Определяют площади участков, подсчитывают объемы и запасы полезного ископаемого.

После определения запасов и качества подсчитывают суммарное количество полезного ископаемого в целом и по сортам и горной массы в плановом контуре добычи. В плане добычи программируется такая очередность выемки отдельных участков, которая обеспечивает равномерное количество и устойчивое качество полезного ископаемого в течение всего планового периода. Оптимальный вариант добычных работ определяется с помощью ЭВМ. По мере поступления новых фактических материалов производится корректировка и уточнение первоначальных планов.

### 3.3.2. Управление качеством руд

Эффективность работы потребляющих и перерабатывающих предприятий определяется не только средним значением качества ископаемого сырья, но также уровнем стабильности качественных характеристик. Это связано с тем, что режим переработки (обогащения, плавки и т.д.) настраивается на определенный качественный состав поступающего сырья. Высокие технологические и экономические показатели перерабатывающего предприятия обеспечиваются лишь при полном соответствии режима переработки качеству поступающего сырья. Как понижение, так и повышение значений качественных показателей отрицательно сказывается на технико-экономических и технологических показателях перерабатывающего производства. В условиях частой и незакономерной изменчивости качественных характеристик перерабатывающее предприятие не в состоянии изменить режим технологического процесса.

Поэтому перед горным производством ставится задача не только выдать полезное ископаемое определенного качества, но и обеспечить **постоянство качественных характеристик в технологическом потоке.**

Как правило, в пределах шахтных и карьерных полей качественные характеристики полезного ископаемого колеблются в очень широких пределах. Стабильность качественных показателей в руде и рудной массе достигается различными способами усреднения. **Под усреднением понимается комплекс мероприятий по поддержанию постоянного качества руды, отправляемой потребителям**. Параметр, подлежащий усреднению, выбирается по его значимости для производства. Наиболее часто усредняемым показателем является **среднее квадратическое отклонение содержания главного полезного компонента.** Степень стабилизации качественных показателей оценивается **коэффициентом усреднения: $К_{ус}=\sigma_1/\sigma_2$**, где $\sigma_1$ – среднее квадратическое отклонение качественного показателя до усреднения, $\sigma_2$ – после усреднения. Чем больше величина коэффициента усреднения, тем выше степень стабилизации качества руды.

Наиболее полно отражает существо процесса усреднения формула **$К'_{ус}=1-\sigma_2/\sigma_1$.** При этом коэффициент усреднения меняется от 0 до 1. В случае полного отсутствия эффекта усреднения $К'_{ус}=0$, в идеально усредненной руде $К'_{ус}=1$.

При современных повышенных требованиях к стабильности качества минерального сырья в потоке необходимо значение $К_{ус}$ порядка 2.5-5.0, что возможно только при

многоступенчатом процессе усреднения. Выделяют **4 основных ступени или стадии усреднения** руд.

**Первым этапом** процесса усреднения является **планирование** такого **порядка** развития **горных работ**, который способствовал бы сглаживанию качественных характеристик в пределах длительных календарных сроков – года или квартала. За счет оптимального порядка развития работ в карьерном или шахтном поле можно достичь коэффициента усреднения порядка 1.5-2.5 в среднем за отчетный календарный период. Однако при этом посменные и суточные отклонения качества могут быть очень значительны.

Более высокая стабильность показателей усреднения достигается на **втором этапе** усреднения за счет **организации гибкого управления добычными забоями и транспортом** в течение суток и смен. Наиболее эффективна такая организация работ, когда управляющие звенья обеспечиваются своевременной и достоверной информацией о фактическом качестве полезного ископаемого по забоям и в транспортном потоке. Высокая степень однородности качества руды достигается за счет следующих организационно-технических мероприятий: 1)селективной выемки качественно разнородных участков забоев; 2)поддержания резервных забоев с разными качественными характеристиками руды; 3)применения подшихтовочных карьерных складов. Уровень стабилизации качества руд при оперативном внутрикарьерном усреднении может достичь 2.5-3.0.

При недостаточном усреднении на **третьем этапе** применяют **прикарьерные и околоствольные усреднительные склады**. Сущность такого усреднения состоит в том, что штабели рудной массы отсыпаются по мере ее поступления тонкими наклонными или горизонтальными слоями. Из штабелей рудная масса отгружается вкрест слоев, в результате чего происходит эффект усреднения руд.

Наконец, самый высокий эффект усреднения на **четвертом этапе** достигается на складах обогатительных фабрик и рудных дворах металлургических заводов посредством применения **специальных усреднительных механизмов и оборудования**. На этой стадии усреднение достигается путем механического перемешивания рудной массы в смесительных емкостях, как правило, в автоматическом режиме.

В высокоразвитых странах придается исключительное значение усреднению качества руд. Так, при закупке партий товарных железных руд в Японии производится доплата за степень усреднения руд. В настоящее время на крупных ГОКах создаются и функционируют автоматизированные системы управления качеством продукции (АСУКП), в которых разрабатывают стандарты предприятий по совершенствованию качества и контролю за выпускаемой продукцией и обеспечивают производство необходимой технологией и организацией работ.

### 3.3.3. Учет движения запасов

**Баланс запасов месторождения** в динамике его изменения является одной из важнейших задач рудничной геологической службы.

В процессе деятельности горнодобывающего предприятия подсчет и пересчет запасов производится постоянно, по мере накопления информации о параметрах тел полезных ископаемых и погашения запасов при отработке.

**Увеличение запасов** на балансе предприятия происходит в результате **разведки** или **перевода запасов из забалансовых в балансовые** при совершенствовании технологии переработки минерального сырья. **Уменьшение количества запасов** происходит в результате их **погашения**, которое определяется суммой добытого и потерянного при добыче полезного ископаемого. **Списание с баланса** запасов производится также при их **неподтверждении** в процессе проведения разведочных и добычных работ.

Учет балансовых запасов ведется по категориям запасов в соответствии с инструктивными материалами. Балансовые запасы, как уже отмечалось, по степени разведанности подразделяются на категории А, В, $C_1$ и $C_2$. Балансовые запасы за вычетом плановых потерь образуют **промышленные запасы**. Промышленные запасы, в свою очередь, подразделяются по степени подготовленности к добыче на **вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.**

**Учет движения запасов** ведется по следующим **направлениям**:

1)оценка запасов **вновь выявленных и разведанных** тел полезных ископаемых;

2)пересчет запасов известных рудных тел по мере **повышения степени их разведанности;**

3)пересчет запасов по горизонталям в блоках, **подготавливаемых к отработке**;

4)подсчет запасов в блоках, **готовых к очистной выемке**, по элементам их учета (очистные камеры, межкамерные целики, потолочины и т.д.);

5)подсчет запасов, **подготовленных к отбойке** при массовых взрывах;

6)учет запасов, **извлеченных из камер, целиков, подготовительных и нарезных выработок;**

7)учет запасов, **потерянных** в массиве, целиках, при выпуске и транспортировке;

8)учет количества **пустых пород**, извлеченных при добыче.

Подсчет и пересчет запасов при горнодобычных работах имеют некоторую специфику, обусловленную способами вскрытия и очистной выемки.

При добыче **открытым способом** (карьером) основными элементами отработки являются горизонт, уступ, блок, заходка. Перед началом вскрытия горизонта производится **подсчет запасов по уступу**, то есть в объеме, заключенном между верхним и нижним горизонтами на высоту очистного пространства. Наиболее рациональным способом подсчета запасов является **способ сечений (разрезов)** при котором площади подсчетного блока определяются в горизонтальных сечениях.

Учет движения запасов **при подземной разработке** выглядит более сложно по сравнению с открытой. Подсчет запасов производится **по эксплуатационному этажу** перед вскрытием горизонта. Затем, после проведения горно-подготовительных работ и эксплуатационной разведки, этаж разбивается на эксплуатационные единицы-блоки. В свою очередь, в пределах блока выделяются камеры, межкамерные целики, потолочины, последовательность отработки которых и технологические показатели различны, что требует раздельного их учета. Основными способами подсчета запасов являются **способы эксплуатационных блоков и вертикальных параллельных сечений**, реже применяется способ геологических блоков и горизонтальных сечений.

По мере развития горно-подготовительных и очистных работ запасы по элементам блока постоянно пересчитываются. Учет движения запасов по блоку ведется ежеквартально.

### 3.3.4. Учет потерь и разубоживания

Потери и разубоживание при извлечении запасов из недр являются одними из важнейших показателей эффективности горнодобывающего предприятия.

**Под потерями понимается оставление по разным причинам части запасов в недрах, а под разубоживанием – засорение руды пустой породой или некондиционной рудой.**

Необоснованно высокие потери уменьшают срок работы горнодобывающего предприятия, то есть приносят прямой социально-экономический ущерб.

Разубоживание практически всегда приносит экономические убытки, которые слагаются из затрат на отбойку, выдачу, транспортировку и обогащение пустой поро-

ды. И потери и разубоживание руды возникают, главным образом, при отработке приконтактовой части рудного тела с вмещающими породами.

**Учет потерь и разубоживания** производится геологической и маркшейдерской службой параллельно с учетом добычи и движением запасов. Их величина устанавливается прямыми, косвенными или комбинированными методами.

При **прямом** методе потери определяются по замерам в натуре или на геолого-маркшейдерской графике. При определении разубоживания прямым методом замеряется объем разубоживающих пород. Применение прямых методов возможно при четком контакте рудных тел с вмещающими породами. Если контакты нечеткие, применяют **косвенные** методы. Они основаны на сопоставлении количества добытой руды с количеством погашенных балансовых запасов при определении потерь и на сопоставлении содержания полезного компонента в погашенных балансовых запасах и в добытой рудной массе при определении разубоживания. **Комбинированные** методы состоят в сочетании прямых и косвенных: Окончательные величины потерь и разубоживания можно определить только после отработки блока.

### 3.3.5. Гидрогеологические и инженерно-геологические работы

Гидрогеологическое обслуживание на карьерах и шахтах производится с целью осушения горных выработок во избежание их затопления водой, а также предотвращения оползней, оплывин и пр. Объем гидрогеологических исследований, водоотливных и дренажных работ предопределяется сложностью гидрогеологических условий.

Гидрогеологи ведут систематические наблюдения за **притоком воды** в горные выработки и скважины, производят **опытные откачки и наливы** воды в скважины. На основании этих наблюдений намечаются пункты для проходки дренажных поверхностных и подземных выработок и водоотливных скважин. При необходимости принимаются решения об изменении углов откоса бортов карьера или мероприятия по их укреплению для исключения возможных аварийных ситуаций.

Важнейшей гидрогеологической характеристикой месторождения является **приток воды в горные выработки.** Он зависит от климатических и метеорологических условий, а также от связи горизонтов подземных вод с поверхностными водами. Особое внимание гидрогеологи уделяют изучение карста и пород, способных к образованию плывунов и оползней. При открытых горных работах возможно возникновение очень крупных оползней бортов карьера. Попадание горных выработок в зону карста может вызвать катастрофические притоки воды, достигающие 1000 $м^3$/час.

Гидрогеолог должен решить вопрос о возможности использования рудничных вод в технических целях.

Инженерно-геологические исследования в период отработки месторождения включают более детальные исследования физико-механических свойств пород. В первую очередь это относится к крепости горных пород для определения их взрываемости, буримости и устойчивости, а также определения возможности использования их в качестве строительных материалов.

## 3.4. Комплексное использование недр и охрана окружающей среды

Система комплексного использования недр и охраны окружающей среды включает в себя **3 главных направления**: 1)извлечение из руды **компонентов-примесей**; 2)**использование пород вскрыши и отходов** обогатительного, металлургического и других производств; 3)рациональное использование земель, входящих в горный и земельный отводы, их восстановление (**рекультивация**) после добычи полезного ископаемого.

Большинство руд, добываемых в настоящее время, являются **комплексными** по содержанию металлических и неметаллических компонентов. Железные руды часто содержат легирующие примеси: марганец, кобальт, хром, никель, ванадий. Такие «вредные» примеси как сера и фосфор могут быть полезными, если их использовать для производства серной кислоты и удобрений. Медные руды, связанные с сульфидами, являются основным сырьем для получения серной кислоты. Кроме того, они содержат примеси цинка, свинца, серебра, никеля, кобальта, золота, германия, галлия, селена, теллура. Аналогичный спектр элементов содержат полиметаллические руды. Золы горючих полезных ископаемых часто содержат в себе промышленные концентрации германия, ванадия, молибдена, галлия, циркония и редких земель. В калийных солях присутствуют рубидий, цезий, бром. Если подсчет полезных примесей не сделан при разведке месторождений, то рудничные геологи обязаны поднять вопрос о комплексном использовании руд.

**Породы вскрыши,** особенно при открытой добыче, складируются в отвалы, которые со временем занимают все увеличивающуюся площадь прежде полезных сельскохозяйственных земель и пастбищ. Наряду с этим существуют предприятия, занимающиеся добычей песка, гравия и скальных пород, используемых в качестве балласта при строительстве дорог и наполнителей бетонов и цементов. Попутное использование вмещающих пород в качестве строительного камня позволяет увеличить предельный коэффициент вскрыши на открытой добыче и сохранить площадь сельскохозяйственных угодий. Использование хвостов обогатительного производства и металлургических шлаков снижает ущерб от разубоживания руды.

При **открытой разработке** месторождений, перед началом горных работ с поверхности горного отвода снимается весь **плодородный слой** и складируется в отдельный отвал. После открытых горных работ остаются карьеры, которые затем заполняются породами вскрыши, негодными для использования, или другими отходами. После восстановления первоначального рельефа поверхность бывшего горного отвода покрывается плодородным слоем и засевается травами или засаживается лесом или плодородными деревьями. Если экономически нецелесообразна рекультивация карьеров до первоначального состояния земной поверхности, то на их месте образуют водоемы для разведения рыбы или водохранилища рекреационного назначения.

По завершении **подземной добычи** возможность катастрофических явлений, обусловленных проседанием поверхности над отработанным пространством, устраняется **искусственным обрушением** кровли очистных выработок, а если сдвижение недопустимо, применяются системы разработки с **монолитной закладкой** очистного пространства. Эти мероприятия необходимы в том случае, если горные работы ведутся под жилыми массивами или промышленными объектами. В качестве закладочного материала применяют хвосты обогатительных фабрик, металлургические шлаки и отходы цементного производства. Особенно большое значение рекультивация земель приобретает в сельскохозяйственных районах.

**Министерство науки и высшего образования**

**Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Уральский государственный горный университет»**

Яковлев В.Н.

# ОСНОВЫ ГЕОМЕХАНИКИ

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям

для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург

2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4
1. УПРУГАЯ МОДЕЛЬ..... 5
1.1. Основные зависимости механики сплошной среды и упругой модели..... 5
1.1. Круговая диаграмма напряжений (задание № 1)..... 17
1.3. Определение компонент начального и дополнительного полей напряжений в массиве горных пород (задание № 2)..... 18
1.4. Определение начального поля напряжений применительно к горизонтальной выработке (задание № 3)..... 20
1.5. Определение напряжений методом разгрузки (задание № 4)..... 24
1.6. Определение зоны влияния выработки (задание № 5)..... 27
1.7. Перемещение контура сечения ствола (задание № 6)..... 29
1.8. Напряжения и деформации в массиве горных пород вокруг выработки (задание № 7)..... 30
2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ..... 33
2.1. Основные понятия и зависимости..... 33
2.2. Построение паспорта прочности породы (задание № 8)..... 35
2.3. Проверка прочности целика (задание № 9)..... 36
3. ЖЁСТКО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ..... 40
3.1. Нагрузка на крепь горизонтальных выработок (задание № 10).... 40
3.2. Определение размеров поперечного сечения стойки крепления (задание № 11)..... 44
3.3. Нагрузка на крепь вертикальных стволов шахт (задание № 12)... 48
4. УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ..... 53
4.1. Определение критического смещения крепи (задание № 13)..... 53
5. УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК ..... 57
5.1. Расчет ленточных целиков (задание № 14)..... 57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 60
Приложение 1. Индивидуальные поправки..... 61
Приложение 2. Корректировка исходных данных заданий..... 62

# ВВЕДЕНИЕ

Горные породы, слагающие земную кору, находятся в состоянии естественного равновесия. Проведение горных выработок – создание в толще пород «полостей» - нарушает существующее равновесие; возникают растягивающие и сжимающие напряжения, которые при определённых условиях приводят к разрушению горных пород.

Выбор способа обеспечения устойчивости выработок зависит от состояния массива горных пород, их назначения и срока существования. В зависимости от свойств пород, их поведения в обнажении и силового воздействия горного массива выбираются те или иные типы материалов, конструкции крепи и мероприятия по управлению горным давлением.

В этой связи определение нагрузок на крепь в каждом конкретном случае представляет собой отдельную геомеханическую задачу, решение которой позволяет рассчитать параметры крепи, выбрать её конструкцию и разработать необходимые мероприятия по охране наземных и подземных подрабатываемых объектов с учётом требований качества и экономической эффективности.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Геомеханика», утверждённой 23.09.2008 года для студентов специальности 130402 - "Маркшейдерское дело" (МД) направления 130400 Уральского государственного горного университета. Пособие учитывает изменения и дополнения, произошедшие в изложении курса.

Приведённые в учебно-методическом пособии расчётные схемы ориентированы на применение современных персональных компьютеров с использованием табличных процессоров и математических пакетов.

Для выполнения всех заданий студент принимает исходные данные, представленные в примерах задач пособия, с учётом приложения № 2 «Корректировка исходных данных заданий».

Индивидуальные поправки определяются по начальным буквам (инициалам) фамилии, имени, отчества студента в соответствии с приложением № 1 «Индивидуальные поправки».



# 1. УПРУГАЯ МОДЕЛЬ

## 1.1. Основные зависимости механики сплошной среды и упругой модели

В механике горных пород в качестве одной из возможных математических моделей применяются представления о сплошности породного массива. Массив горных пород, так же как и элементы крепи горных выработок и обделок подземных сооружений, рассматриваются как сплошная среда.

Предположение о сплошности среды позволяет наделять бесконечно малые объемы тел свойствами среды и эффективно использовать аналитический аппарат дифференциального и интегрального исчисления.

Горные породы в массиве находятся в объемном напряженном состоянии. Напряженное состояние в данной точке массива характеризуется напряжениями, действующими на трех взаимно перпендикулярных площадках (рис. 1.1).

Эти напряжения являются составляющими (компонентами) тензора напряжений:

$$T_{\text{н}} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix} . \qquad (1.1)$$

В каждой точке напряженного тела всегда имеются три взаимно перпендикулярные площадки, на которых отсутствуют касательные напряжения. Такие площадки называются *главными*, а действующие на них нормальные напряжения – *главными напряжениями* $\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$, при этом

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3.$$

Наглядное представление о соотношениях между главными напряжениями на произвольных площадках (рис. 1.2, *а*) дает круг напряжений (круг Мора, рис. 1.2, *б*).

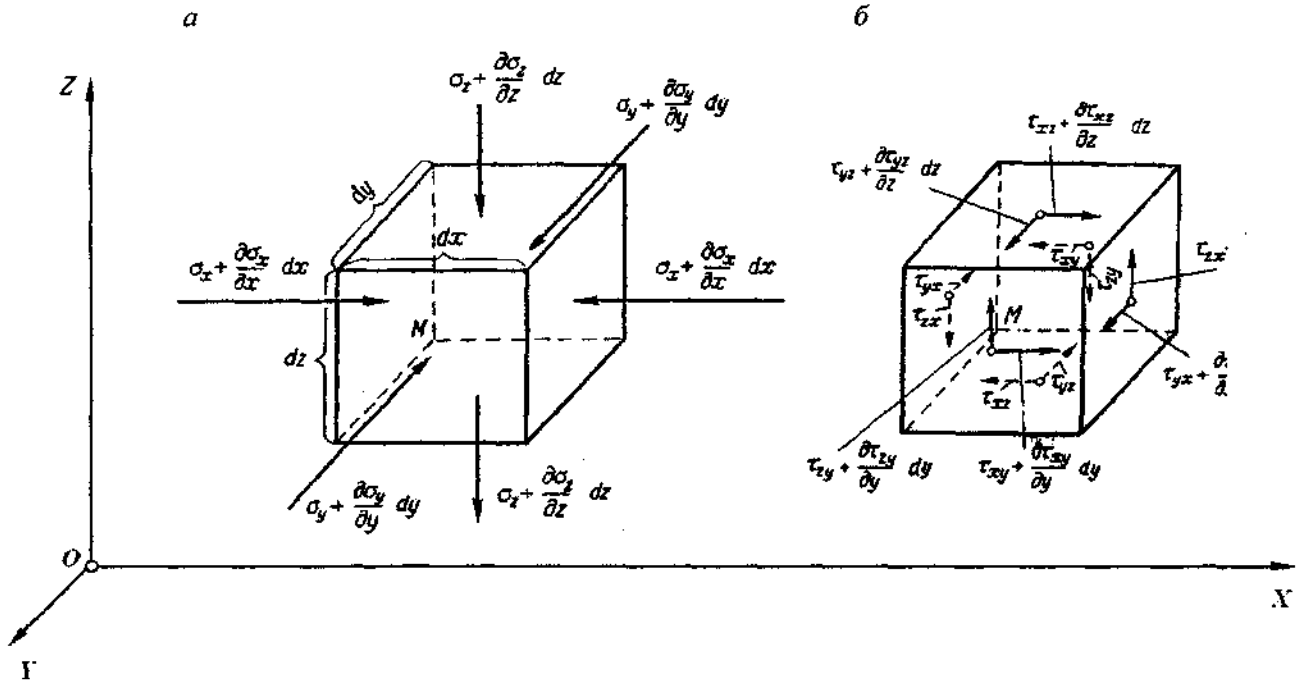



Рис. 1.1. Напряжения на гранях элементарного объема:
*а* - нормальные напряжения; *б* - компоненты касательных напряжений

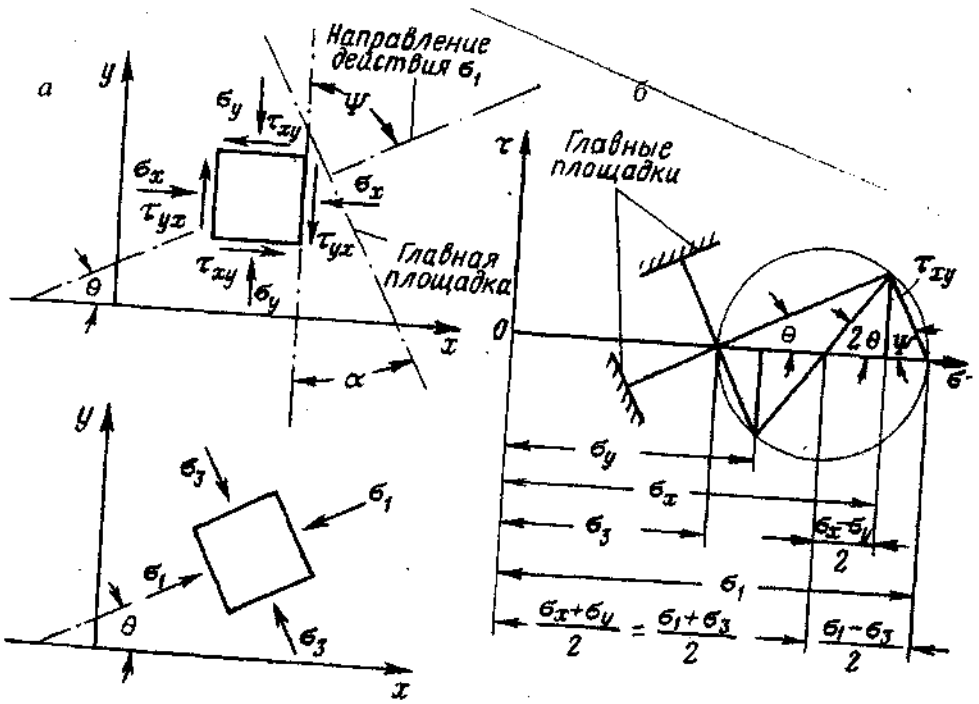



Рис. 1.2. Схема напряжений и круг Мора:
*а* - элемент в плоском напряженном состоянии; *б* - круговая диаграмма напряжений

Из диаграммы видны следующие основные зависимости:

$$\sigma_1 + \sigma_3 = \sigma_x + \sigma_y; \tag{1.2}$$

$$\left.\begin{matrix}\sigma_1\\ \sigma_3\end{matrix}\right\} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}; \tag{1.3}$$

$$\operatorname{tg} 2\Theta = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}; \tag{1.4}$$

$$\left.\begin{matrix}\sigma_x\\ \sigma_y\end{matrix}\right\} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta; \tag{1.5}$$

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\sin 2\Theta. \tag{1.6}$$

С помощью этих зависимостей можно преобразовать условия предельного состояния, представленные в координатах τ, σ, в условиях, выраженных через главные нормальные напряжения и через компоненты напряжений. Условие предельного состояния породы, обладающей сцеплением и трением при прямолинейной огибающей, можно получить, воспользовавшись рис. 1.3.

Условие предельного состояния в компонентах главных нормальных напряжений

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3 + 2c\operatorname{ctg}\varphi)\sin\varphi. \tag{1.7}$$

Это же уравнение легко получить, подставив в уравнение прямолинейной огибающей $\tau = \sigma\operatorname{tg}\varphi + c$ значения τ и σ, выраженные через $\sigma_1$ и $\sigma_3$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cdot\cos\varphi; \tag{1.8}$$



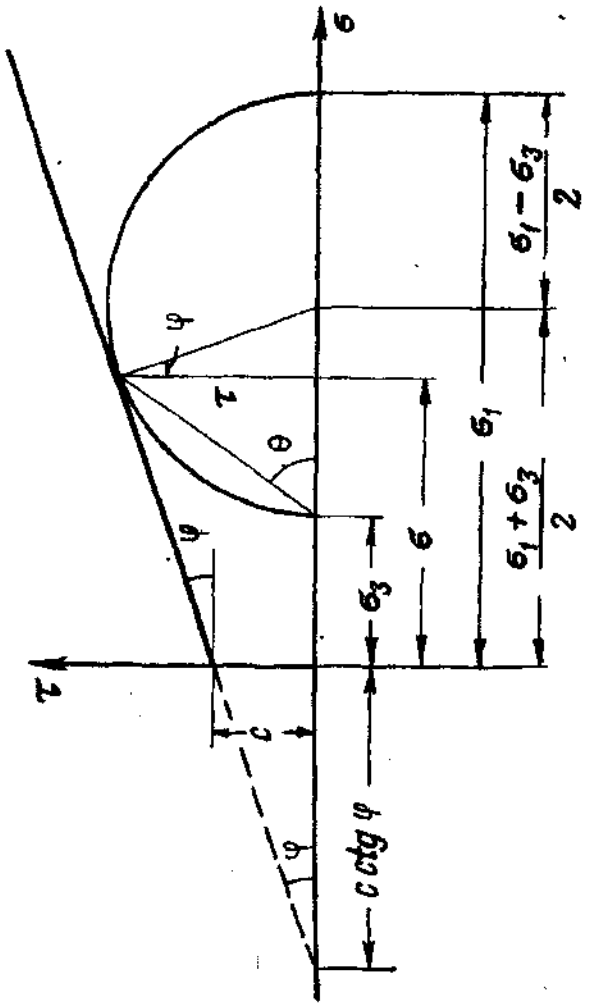



Рис. 1.3. Схема к определению условия предельного состояния породы при прямолинейной огибающей

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin\varphi. \qquad (1.9)$$

Путем подстановки можно получить форму записи условия предельного равновесия при прямолинейной огибающей через компоненты напряжения

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2c\,\mathrm{ctg}\rho)^2 \sin^2\rho. \qquad (1.10)$$

Тензору напряжений соответствует тензор деформаций:

$$T_Д = \begin{vmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{vmatrix}. \qquad (1.11)$$

Компоненты относительных линейных и сдвиговых деформаций представлены на рис. 1.4.

Главным напряжениям $\sigma_1$, $\sigma_2$, $\sigma_3$, соответствуют компоненты главных деформаций $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, $\varepsilon_3$.

Сумма линейных деформаций характеризует относительное изменение объема в процессе деформации – величину объемной деформации

$$\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3. \qquad (1.12)$$

Основные уравнения теории упругости складываются из уравнений механики сплошной среды:

**а) статические уравнения**

Для элемента тела в виде бесконечно малого параллелепипеда дифференциальные уравнения равновесия (движения) в декартовых координатах записывают



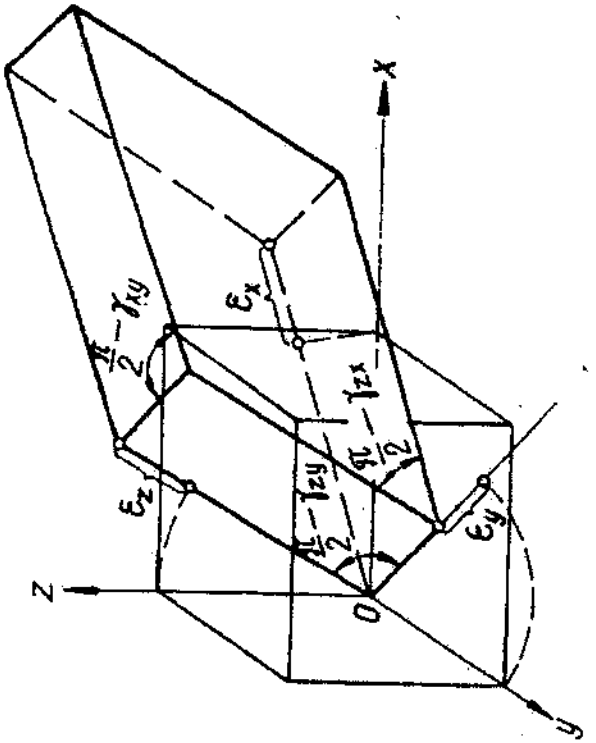



Рис. 1.4. Деформации элементарного объема

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_x}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{xz}}{\partial z}+X\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}),\\
&\frac{\partial\tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_y}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{yz}}{\partial z}+Y\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 \upsilon}{\partial t^2}),\\
&\frac{\partial\tau_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+Z\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 \varpi}{\partial t^2}).
\end{aligned}\right\} \qquad (1.13)$$

Через $X$, $Y$, $Z$ обозначены проекции на координатные оси объемной силы, отнесенные к единице массы.

К этим уравнениям присоединяются остающиеся без изменения, как в статической, так и в динамической задаче соотношения

$$\tau_{xy}=\tau_{yx},\ \tau_{yz}=\tau_{zy},\ \tau_{zx}=\tau_{xz}. \qquad (1.14)$$

В цилиндрической системе координат $r\theta z$ дифференциальные уравнения равновесия имеют вид:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{\partial\tau_{rz}}{\partial z}+\frac{\sigma_r-\sigma_\theta}{r}+P=0,\\
&\frac{\partial_{\theta r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{\partial\tau_{\theta z}}{\partial z}+\frac{2\tau_{\theta r}}{r}+Q=0,\\
&\frac{\partial\tau_{zr}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{z\theta}}{\partial\theta}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+\frac{\tau_{zr}}{r}+R=0,
\end{aligned}\right\} \qquad (1.15)$$

где $P$, $Q$, $R$ – проекции объемной силы, отнесенные к единице объема на координаты оси $r$, $\theta$, $z$.

В сферической системе координат $r$, $\theta$, $\varphi$ уравнения равновесия записывают:



$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\tau_{r\varphi}}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[2\sigma_r-\left(\sigma_\theta+\sigma_\varphi\right)+\tau_{r\theta}ctg\theta\right]+P_r=0,\\
&\frac{\partial\tau_{\theta r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\tau_{\theta\varphi}}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[3\tau_{\theta r}+\left(\sigma_\theta-\sigma_\varphi\right)ctg\theta\right]+P_\theta=0,\\
&\frac{\partial\tau_{\varphi r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{\varphi\theta}}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\sigma_\varphi}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[3\tau_{\varphi r}+2\tau_{\varphi\theta}ctg\theta\right]+P_\varphi=0.
\end{aligned}\right\} \qquad (1.16)$$

**б) условия на поверхности тела**

Напряженное состояние в точке тела при заданной нагрузке определяется тензором напряжений. Для любой наклонной (по отношению к координатным осям) площадки, проходящей через данную точку, проекции на координатные оси ($x$, $y$, $z$) полного напряжения записывают:

$$\left.\begin{aligned}
p_{x\nu}&=\sigma_x l+\tau_{xy}m+\tau_{xz}n,\\
p_{y\nu}&=\tau_{yx}l+\sigma_y m+\tau_{yz}n,\\
p_{z\nu}&=\tau_{zx}l+\tau_{zy}m+\sigma_z n,
\end{aligned}\right\} \qquad (1.17)$$

а проекция на нормаль к площадке (т. е. нормальное напряжение $\sigma_\nu$) и другая проекция, лежащая на самой площадке (т. е. касательное напряжение $\tau_\nu$), равны

$$\begin{aligned}
\sigma_\nu&=\sigma_x l^2+\sigma_y m^2+\sigma_z n^2+2\tau_{xy}lm+2\tau_{yz}mn+2\tau_{zx}nl,\\
\tau_\nu^2&=p_\nu^2-\sigma_\nu^2,
\end{aligned} \qquad (1.18)$$

где

$$p_v^2 = p_{xv}^2 + p_{yv}^2 + p_{zv}^2.$$

**в) геометрические уравнения Коши**

Компоненты деформации в декартовых координатах записывают через компоненты перемещений:

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x},\ \varepsilon_y = \frac{\partial \upsilon}{\partial y},\quad \varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z},\quad \gamma_{xy} = 2\varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \upsilon}{\partial x};\\ &\gamma_{yz} = 2\varepsilon_{yz} = \frac{\partial \upsilon}{\partial z} + \frac{\partial \omega}{\partial y},\quad \gamma_{zx} = 2\varepsilon_{zx} = \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}. \end{aligned}\right\} \qquad (1.19)$$

В цилиндрической системе координат $r$, $\theta$, $z$ компоненты деформации записывают через компоненты смещения $u$, $\upsilon$ и $\omega$ ($u_r$, $u_\theta$, $u_z$):

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r},\ \gamma_{r\theta} = \frac{\partial \upsilon}{\partial r} - \frac{\upsilon}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial \theta},\\ &\varepsilon_0 = \frac{1}{r}\frac{\partial \upsilon}{\partial 0} + \frac{u}{r},\ \gamma_{\theta z} = \frac{1}{r}\frac{\partial \omega}{\partial \theta} + \frac{\partial \upsilon}{\partial z},\\ &\varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z},\ \gamma_{zr} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial \omega}{\partial r}. \end{aligned}\right\} \qquad (1.20)$$

В сферической системе координат $r$, $\theta$, $\varphi$ компоненты деформации записывают через компоненты смещения $u$, $\upsilon$, $\omega$ ($u_r$, $u_\theta$, $u_\varphi$):

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r},\ \gamma_{r\theta} = \frac{\partial u_\theta}{\partial r} - \frac{u_\theta}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \theta},\\ &\varepsilon_\theta = \frac{1}{r}\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{u_r}{r},\ \gamma_{\theta\varphi} = \frac{1}{r}\frac{\partial u_\varphi}{\partial \theta} - \frac{u_\varphi \operatorname{ctg}\theta}{r} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial u_\theta}{\partial \varphi},\\ &\gamma_{\varphi r} = \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r}. \end{aligned}\right\} \qquad (1.21)$$



**г) уравнения Сен-Венана**

Компоненты деформации связаны условиями совместности (неразрывности) деформации:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y},\\ &\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z},\\ &\frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z \partial x}, \end{aligned}\right\} \qquad (1.22)$$

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x \partial y},\\ &\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y \partial z},\\ &\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z \partial x} \end{aligned}\right\} \qquad (1.23)$$

Для изотропного линейно-упругого тела вышеперечисленные уравнения записывают в форме обобщенного закона Гука:

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_x = \frac{1}{E}\left[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\right],\quad \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy},\\ &\varepsilon_y = \frac{1}{E}\left[\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)\right],\quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz},\\ &\varepsilon_z = \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\right],\quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}, \end{aligned}\right\} \qquad (1.24)$$

где $E$ – модуль продольной упругости (модуль Юнга) породы:

$$E = \sigma/\varepsilon; \qquad (1.25)$$

$G$ – модуль сдвига, коэффициент пропорциональности между касательным напряжением $\tau$ и соответсвующей упругой деформацией сдвига $\gamma$:

$$\tau = G\gamma; \tag{1.26}$$

$\nu$ – коэффициент Пуассона;

$$\nu = \Delta dl / (\Delta ld). \tag{1.27}$$

Модуль продольной упругости $E$ и модуль сдвига $G$ соответствуют основным видам напряжений и деформаций и поэтому считаются основными характеристиками упругости породы. Они связаны с коэффициентом Пуассона следующей зависимостью:

$$G = E/[2(1+\nu)]. \tag{1.28}$$

Наиболее вероятные значения модуля Юнга в породах $10^3 \div 3\cdot 10^5$ МПа. Коэффициент Пуассона $\nu$ – величина безразмерная, числовые значения его в соответствии с теорией упругости находятся в пределах $0 \le \nu \le 0{,}5$, для горных пород $\nu = 0{,}2 \div 0{,}4$.

Модули упругости характеризуют способность пород сопротивляться деформированию, т. е. определяют жесткость пород. Величина, обратная модулям, оценивает податливость пород и носит название *коэффициента соответствующей деформируемости.*

Если из уравнения (1.24) выразить напряжение через деформации, то получим:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= 2G\varepsilon_x + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \\ \sigma_y &= 2G\varepsilon_y + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz}, \\ \sigma_z &= 2G\varepsilon_z + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{zx} = G\gamma_{zx}, \end{aligned}\right\} \tag{1.29}$$

где $$\varepsilon_V = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \tag{1.30}$$



$$\lambda = \frac{2\mu G}{1-2\mu}. \tag{1.31}$$

## 1.2. Круговая диаграмма напряжений (задание № 1)

***Найти аналитически и графически (с помощью круга Мора) нормальные $\sigma_x$, $\sigma_y$ и касательные $\tau_{xy}$ напряжения.***

*Исходные данные*: $\sigma_1 = 547$ МПа; $\sigma_3 = 226$ МПа; $\Theta = 19^0$.

Аналитическое решение.

Нормальные напряжения $\sigma_x$ и $\sigma_y$ находим по формулам:

$$\sigma_x = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta; \tag{1.32}$$

$$\sigma_y = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta. \tag{1.33}$$

Касательное напряжение $\tau_{xy}$ определяем по формуле:

$$\tau_{xy} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\Theta. \tag{1.34}$$

Для условий задачи получим:

$$\sigma_x = \frac{547+226}{2} + \frac{547-226}{2}\cdot\cos 38^\circ = 513\ МПа;$$

$$\sigma_y = \frac{547+226}{2} - \frac{547-226}{2}\cos 38^\circ = 260\ МПа;$$

$$\tau_{xy} = \frac{547-226}{2}\sin 38^\circ = 98{,}8 МПа.$$

Графическое определение всех напряжений представлено на круговой диаграмме напряжений (рис. 1.5).

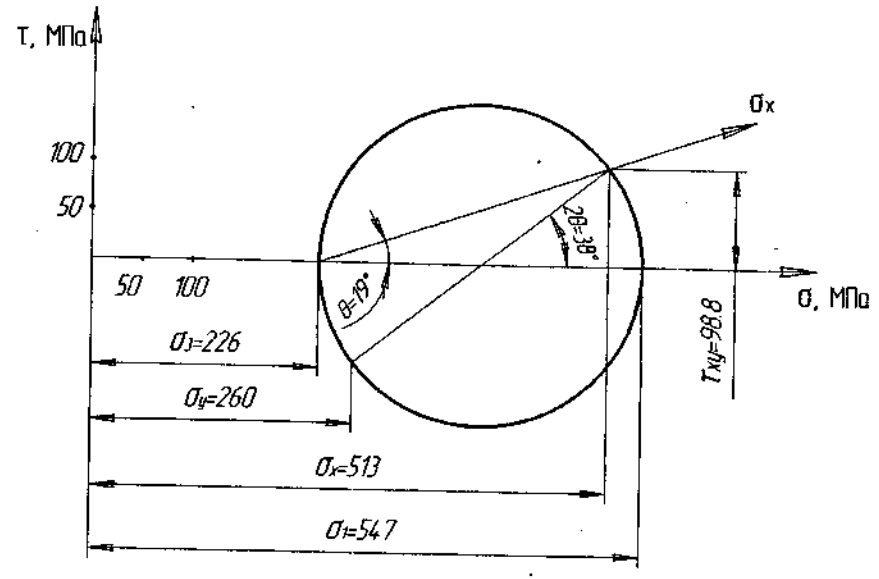



Рис. 1.5. Круговая диаграмма напряжений

С помощью графического метода получены следующие результаты:

$$\sigma_x = 513 \text{ МПа},$$
$$\sigma_y = 260 \text{ МПа},$$
$$\tau_{xy} = 98{,}8 \text{ МПа}.$$

Вывод: аналитический и графический методы обеспечивают с одинаковой точностью определение действующих напряжений.

### 1.3. Определение компонент начального и дополнительного полей напряжений в массиве горных пород (задание № 2)

***а) Определить компоненты начального поля напряжений в массиве горных пород, представленных песчаниками. Глубина разработки H = 39 м.***



*Для решения принимаем следующие характеристики пород*: $\gamma = 2{,}69$ тс/м$^3$; $\nu = 0{,}28$.

Компоненты начального поля напряжений показаны на рис. 1.6.

Определение компонентов начального поля напряжений производим по формулам:

$$\sigma_z^{(0)} = \gamma H; \tag{1.35}$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \lambda \gamma H, \tag{1.36}$$

где $\lambda$ - коэффициент бокового давления, определяется по формуле

$$\lambda = \frac{\nu}{1-\nu}. \tag{1.37}$$

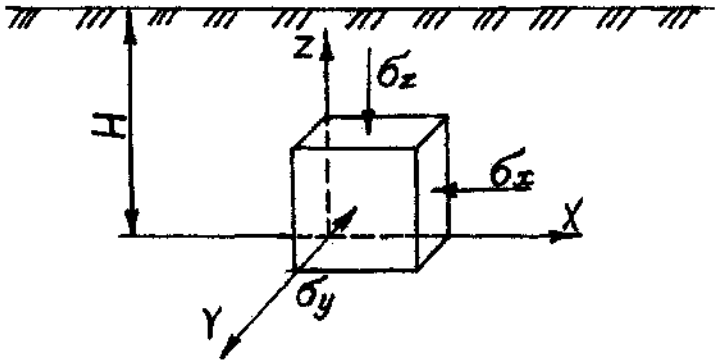



Рис. 1.6. Компоненты начального поля напряжений

$$\sigma_z^{(0)} = 2{,}69 \cdot 39 = 104{,}91 \ \frac{\text{тс}}{\text{м}^2};$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} == \frac{0{,}28}{1-0{,}28} \cdot 2{,}69 \cdot 39 = 41 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}.$$

***б) определить компоненты дополнительного поля напряжений, вызванного подработкой и обусловившего деформации сжатия по оси X, равной $\varepsilon_x = 6\cdot10^{-3}$. Деформации в направлении оси Y невозможны.***

*Исходные данные*: модуль упругости
$E = 5{,}65\cdot10^{-5}$ кгс/см$^2$ = $5{,}65\cdot10^{-4}$ тс/м$^2$.

При решении этой задачи нужно решить систему линейных уравнений, описывающих объёмное напряжённое состояние, представляющих из себя обобщённый закон Гука:

$$\left.\begin{aligned} E\varepsilon_x &= \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z);\\ E\varepsilon_y &= \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x);\\ E\varepsilon_z &= \sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned}\right\} \qquad (1.38)$$

Составим уравнения обобщённого закона Гука для данных примера задачи.

$$\left.\begin{aligned} 5{,}5\cdot10^{-4}\cdot6\cdot10^{-3} &= \sigma_x - 0{,}28(\sigma_y + 104{,}1);\\ 0 &= \sigma_y - 0{,}28(104{,}91 + \sigma_x);\\ 5{,}65\cdot10^{-4}\varepsilon_z &= 104{,}91 - 0{,}28(\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned}\right\}$$

Система линейных уравнений может быть решена тремя способами: матричным, Гаусса, по формулам Крамера.

Целесообразней в данном случае применить способ Гаусса.

В результате получим:

$\sigma_x$ = 40,8 тс/м$^2$; $\sigma_y$ = 40,8 тс/м$^2$; $\varepsilon_z = 1{,}45\cdot10^5$ тс/м$^2$.

### 1.4. Определение начального поля напряжений применительно к горизонтальной выработке (задание № 3)

***Определить компоненты начального поля напряжений в месте проведения будущей выработки и по контуру поперечного сечения будущей выработки.***



*Исходные данные*: $H$ = 790 м; $r_0$ = 2 м; породы – габбро-диабазы.

Для решения принимаем следующие характеристики породы: $\gamma = 2{,}76$ тс/м$^3$ = $2{,}76\cdot10^{-2}$ мН/м$^3$; $\nu = 0{,}4$.

Определяем компоненты начального поля напряжений (см. рис. 1.6) по формулам (16) и (17).

$$\sigma_z^{(0)} = \gamma H = 0{,}0276\cdot790 = 21{,}8 \text{ МПа};$$
$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \frac{0{,}4}{1-0{,}4}\cdot21{,}8 = 14{,}5 \text{ МПа}.$$

Поскольку предполагается проведение выработки круглого сечения, то полученные выше напряжения представим в полярной системе координат (рис. 1.7).

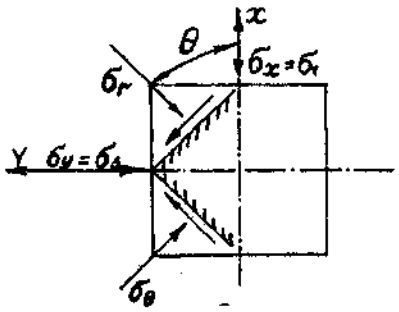



Рис. 1.7. Схема напряжений в декартовой и полярной системе координат

Имеем $\sigma_1^{(0)} = \sigma_z^{(0)}$; $\sigma_3^{(0)} = \sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)}$.

Компоненты напряжений в полярной системе координат ($\tau$, $\Theta$) определяем по следующим формулам:

$$\sigma_r = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta; \qquad (1.39)$$

$$\sigma_\Theta = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta. \qquad (1.40)$$

$$\tau_{r,\Theta} = -\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\Theta. \qquad (1.41)$$

Подставив $\sigma_1^{(0)}$; $\sigma_3^{(0)}$ в формулы (1.39) - (1.41) получим:

$$\left.\begin{matrix}\sigma_r^{(0)} \\ \sigma_\Theta^{(0)}\end{matrix}\right\} = \frac{21{,}8+14{,}5}{2} \pm \frac{21{,}8-14{,}5}{2}\cos 2\Theta;$$

$$\tau_{r\Theta} = -\frac{21{,}8-14{,}5}{2}\sin 2\Theta;$$

или

$$\sigma_r^{(0)} = 18{,}15 + 3{,}65\cos 2\Theta \text{ МПа};$$

$$\sigma_\Theta^{(0)} = 18{,}15 - 3{,}65\cos 2\Theta \text{ МПа};$$

$$\tau_{r\Theta}^{(0)} = -3{,}65\sin 2\Theta \text{ МПа}.$$

Для построения эпюр компонентов начального поля напряжений по контуру сечения будущей выработки используем таблицу, значения в которой вычисляются по полученным выше формулам (табл. 1.1).

Эпюры компонентов начального поля напряжений по контуру сечения выработки показаны на рис. 1.8.



Таблица 1.1

**Значения начальных напряжений**

| Значения угла наклона главных осей к осям $x$ и $y$, $\Theta$, град. | Значения радиальных начальных напряжений $\sigma_r^{(0)}$, МПА | Значения нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\Theta^{(0)}$, МПА | Значения начальных касательных напряжений $\tau_{r,\Theta}^{(0)}$, МПА |
|---|---|---|---|
| 0 | 21,80 | 14,54 | 0 |
| 15 | 21,32 | 15,02 | -1,82 |
| 30 | 19,99 | 16,35 | -3,15 |
| 45 | 18,17 | 18,17 | -3,63 |
| 60 | 16,35 | 19,99 | -3,15 |
| 75 | 15,02 | 21,32 | -1,82 |
| 90 | 14,54 | 21,80 | 0 |
| 105 | 15,02 | 21,32 | 1,82 |
| 120 | 16,35 | 19,99 | 3,15 |
| 135 | 18,17 | 18,17 | 3,63 |
| 150 | 19,99 | 16,35 | 3,15 |
| 165 | 21,32 | 15,02 | 1,82 |
| 180 | 21,80 | 14,54 | 0 |
| 195 | 21,32 | 15,02 | -1,82 |
| 210 | 19,99 | 16,35 | -3,15 |
| 225 | 18,17 | 18,17 | -3,63 |
| 240 | 16,35 | 19,99 | -3,15 |
| 255 | 15,02 | 21,32 | -1,82 |
| 270 | 14,54 | 21,80 | 0 |
| 285 | 15,02 | 21,32 | 1,82 |
| 300 | 16,35 | 19,99 | 3,15 |
| 315 | 18,170 | 18,17 | 3,63 |
| 330 | 19,99 | 16,35 | 3,15 |
| 345 | 21,32 | 15,02 | 1,82 |
| 360 | 21,80 | 14,54 | 0 |

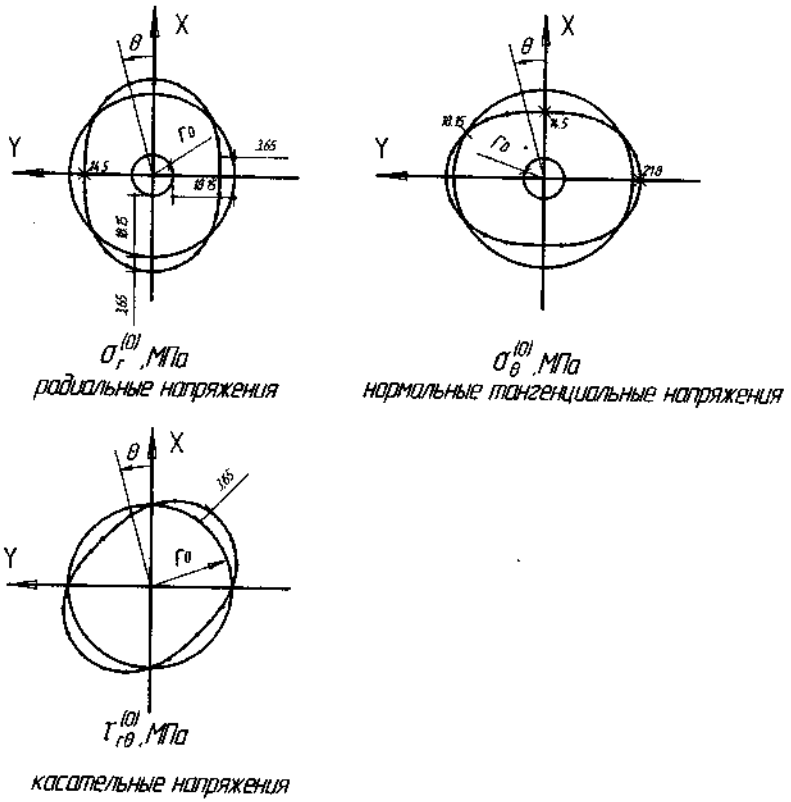



Рис. 1.8. Эпюры начальных напряжений по контуру поперечного сечения будущей выработки круглого сечения

## 1.5. Определение напряжений методом разгрузки (задание № 4)

***Оценить погрешность определения компонент начального поля напряжений при плоском и объёмном напряжённом состоянии.***

Для исследования начального поля напряжения методом разгрузки бурится скважина (рис. 1.9, *а*), на забой скважины наклеиваются датчики деформаций - 1.



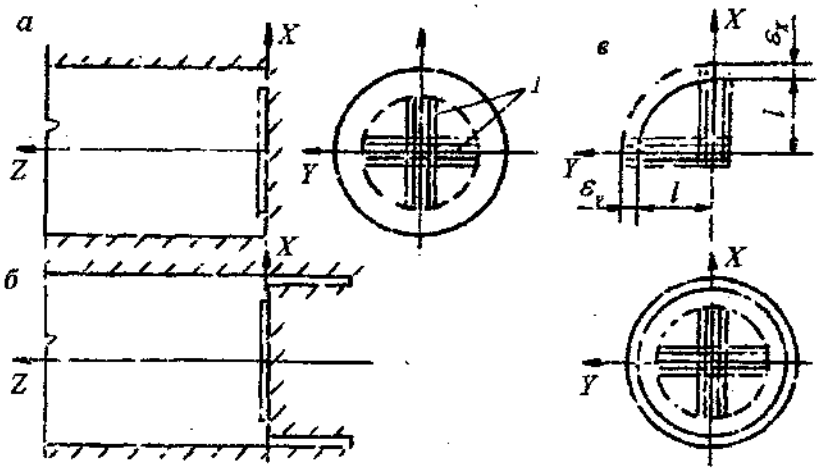



Рис. 1.9. Схема измерения напряжений в массиве методом разгрузки:
*а, б* – стадии работ наклеивания датчиков и обуривания кернов;
*в* – схема деформаций разгрузки керна

Затем вокруг датчиков обуривается кольцевая щель (рис. 1.9, *б*), вследствие чего породный керн с датчиками отделяется от массива и разгружается от действующих напряжений.

Деформации восстановления $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ измеряются и по ним определяются напряжения в массиве $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$.

***Измерения проведены на глубине H = 1200 м в диоритах со следующими характеристиками:*** $\gamma = 0{,}03$ ***мН/м$^3$;*** $E = 8 \cdot 10^4$ ***МПа;*** $\nu = 0{,}26$.

*1. В результате измерений в горизонтальной скважине получены следующие деформации восстановления:*

$$\varepsilon_x = 3{,}66 \cdot 10^{-4}; \varepsilon_y = 0{,}03 \cdot 10^{-4}.$$

Поскольку на забое скважины имеется плоское напряжённое состояние ($\sigma_z = 0$) можно воспользоваться формулами обобщённого закона Гука для плоского напряжённого состояния:

$$\sigma_1 = E\frac{\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2}{1+\nu^2}; \quad \sigma_2 = E\frac{\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1}{1+\nu^2}. \qquad (1.42)$$

Подставив значения величин $E$, $\nu$, $\varepsilon_x=\varepsilon_1$, $\varepsilon_y=\varepsilon_2$ в формулу (1.42), получим:

$$\sigma_1=\sigma_x=8\cdot10^4\,\frac{3{,}66\cdot10^{-4}+0{,}26\cdot0{,}03\cdot10^{-4}}{1+0{,}26^2}=31{,}5\ \text{МПа};$$

$$\sigma_2=\sigma_y=8\cdot10^4\,\frac{0{,}03\cdot10^{-4}+0{,}26\cdot3{,}66\cdot10^{-4}}{1+0{,}26^2}=8{,}4\ \text{МПа}.$$

2. *Отделённый от массива керн (см. рис. 1.9, б) испытывает деформации по всем трём направлениям ($\varepsilon_z\neq0$). В результате измерений получены следующие деформации восстановления:*

$$\varepsilon_x=3{,}66\cdot10^{-4};\varepsilon_y=\varepsilon_z=0{,}03\cdot10^{-4}.$$

Воспользуемся формулами (1.29). Предварительно по формуле (1.12) определяется объёмная деформация

$$\varepsilon_V=3{,}66\cdot10^{-4}+0{,}03\cdot10^{-4}+0{,}03\cdot10^{-4}=3{,}72\cdot10^{-4}.$$

Модуль сдвига определяется по формуле (1.28)

$$G=\frac{8\cdot10^4}{2(1+0{,}26)}=3{,}2\cdot10^4\,\text{МПа}.$$

Подставим значения величин в формулы (1.29):

$$\sigma_1=\sigma_x=2\cdot3{,}2\cdot10^4(3{,}66\cdot10^{-4}+\frac{0{,}26}{1-2\cdot0{,}26}3{,}72\cdot10^{-4})=36{,}3\ \text{МПа};$$

$$\sigma_3=\sigma_2=\sigma_z=\sigma_y=$$

$$=2\cdot3{,}2\cdot10^4(0{,}03\cdot10^{-4}+\frac{0{,}26}{1-2\cdot0{,}26}3{,}72\cdot10^{-4})=13{,}1\ \text{МПа}.$$

Для сравнения разных способов определения компонент напряжений вычислим компоненты начального поля напряжений по



формулам (1.35), (1.36), при этом коэффициент бокового давления равен

$$\lambda=\frac{0{,}26}{1-0{,}26}=0{,}35,$$

$$\sigma_z=0{,}03\cdot1200=36\ \text{МПа},$$

$$\sigma_x=\sigma_y=0{,}35\cdot36=13\ \text{МПа}.$$

Ошибки измерений в 1 и 2 - ом случаях соответственно составляют:

$$1)\ \Delta_{\sigma_1}=\frac{31{,}5-36}{36}100=-12{,}5\ \%;$$

$$\Delta_{\sigma_2}=\frac{8{,}4-13}{13}100=-35{,}4\ \%;$$

$$2)\ \Delta_{\sigma_1}=\frac{36{,}3-36}{36}100=3\ \%;$$

$$\Delta_{\sigma_2}=\frac{13{,}1-13}{13}100=1\ \%.$$

### 1.6. Определение зоны влияния выработки (задание № 5)

***Определить, будут ли взаимно влиять друг на друга горизонтальные выработки радиусами $r_{0(1)}=2{,}0$ м, $r_{0(2)}=2{,}8$ м, пройденные в массиве горных пород с гидростатическим полем начальных напряжений.*** Выработки отстоят друг от друга на расстоянии $l=47$ м при допустимой погрешности $\Delta$ отклонения тангенциальных напряжений $\sigma_\Theta$ от начального поля напряжений $\sigma_\Theta^{(0)}$, равной 5 %.

Условия на границе зоны влияния выработки запишется в виде

$$\Delta=\frac{\sigma_\Theta-\sigma_\Theta^{(0)}}{\gamma H}. \qquad (1.43)$$

Напряжения в массиве с выработкой описываются следующими формулами:

$$\sigma_r = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right)+\frac{1-\lambda}{2}\left(1+3\frac{r_0^4}{r^4}-4\frac{r_0^2}{r^2}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.44)$$

$$\sigma_Q = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1+\frac{r_0^2}{r^2}\right)-\frac{1-\lambda}{2}\left(1+3\frac{r_0^4}{r^4}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.45)$$

$$\tau_{r,Q} = -\gamma H\frac{1-\lambda}{2}\left(1-3\frac{r_0^4}{r^4}+\frac{r_0^2}{r^2}\right)\sin 2\Theta, \qquad (1.46)$$

где $r$ – текущий радиус, м; $\lambda$ - коэффициент бокового давления.

В гидростатическом поле напряжения $\lambda = 1$, следовательно:

$$\sigma_\Theta^{(0)} = \gamma H\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right); \qquad (1.47)$$

$$\sigma_r^{(0)} = \sigma_\Theta^{(0)} = \gamma H. \qquad (1.48)$$

Подставим полученные выражения $\sigma_Q$ и $\sigma_r$ в формулу (1.43) и получим

$$\frac{r_0^2}{R_\Delta^2} = \Delta, \qquad (1.49)$$

где $R_\Delta = r$.

Отсюда

$$R_\Delta = \frac{r_0}{\sqrt{\Delta}}. \qquad (1.50)$$

Найдем значения зон влияния для обеих выработок по формуле (1.49)



$$R_{\Delta 1} = \frac{r_{0(1)}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{2}{\sqrt{0{,}05}} = 8{,}9 \text{ м};$$

$$R_{\Delta 2} = \frac{r_{0(2)}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{2{,}8}{\sqrt{0{,}05}} = 12{,}5 \text{ м}.$$

Так как полученные значения меньше расстояния между выработками, то выработки не оказывают влияние друг на друга.

Графическое пояснение данной задачи представлено на рис. 1.10.

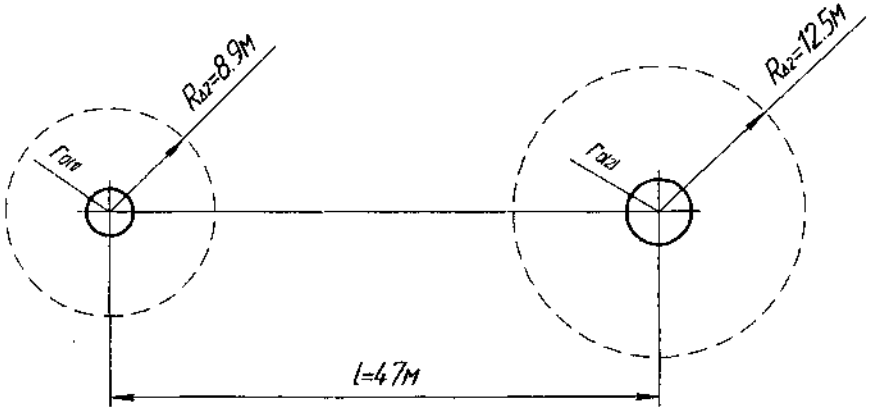



Рис. 1.10. Схема к определению границ зон влияния выработок

## 1.7. Перемещение контура сечения ствола (задание № 6)

***Определить перемещения контура сечения вертикального ствола радиусом $r_0$ = 2,5 м, на глубине 100 м в супеси твёрдой консистенции.***

*Исходные данные*: объёмный вес $\gamma = 1{,}93\cdot10^{-2}$ *МН*/м$^3$; модуль деформации $E$ = 110 МПа; коэффициент поперечной деформации $\nu = 0{,}32$.

Перемещение контура сечения ствола определяется по формуле:

$$U = r_0 \frac{\lambda \gamma H}{2G}\left(1 - \frac{P}{\lambda \gamma H}\right), \qquad (1.51)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{110}{2(1+0{,}32)} = 41{,}7 \text{ МПа};$$

$$\lambda = \frac{\nu}{1-\nu} = \frac{0{,}32}{1-0{,}32} = 0{,}47;$$

$$U = 2{,}5 \cdot \frac{0{,}47 \cdot 0{,}0193 \cdot 100}{2 \cdot 41{,}7}\left(1 - \frac{0{,}0193 \cdot 100}{0{,}47 \cdot 0{,}0193 \cdot 100}\right) = 0{,}031 \text{ м},$$

если P = 0

$$U = 0{,}027 \text{ м}.$$

## 1.8. Напряжения и деформации в массиве горных пород вокруг выработки (задание № 7)

***Построить графики эпюр напряжений*** $\sigma_r$, $\sigma_\Theta$ ***вокруг горизонтальной горной выработки круглого сечения*** $r_0$ ***= 2,8 м, пройденной в диабазах на глубине H = 280 м.*** Эпюры построить для $r = 1, r_0 \ldots 7\, r_0$ при $\Theta = 0°$; $\Theta = 45°$; $\Theta = 90°$.

Поле напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения описывается выражениями:

$$\sigma_r = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) + \frac{1-\lambda}{2}\left(1 + 3\frac{r_0^4}{r^4} - 4\frac{r_0^2}{r^2}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.52)$$

$$\sigma_\Theta = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1 + \frac{r_0^2}{r^2}\right) - \frac{1-\lambda}{2}\left(1 + 3\frac{r_0^4}{r^4}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.53)$$

$$\tau_{r\Theta} = -\gamma H \frac{1-\lambda}{2}\left(1 - 3\frac{r_0^4}{r^4} + \frac{r_0^2}{r^2}\right)\sin 2\Theta. \qquad (1.54)$$

где $r$ – текущий радиус.

Коэффициент бокового давления рассчитываем по формуле (1.37)



$$\lambda = \frac{0{,}4}{1-0{,}4} = 0{,}67.$$

Напряжения в массиве с выработкой рассчитываем по формулам (1.52) - (1.54). Расчеты производим для углов 0°; 45°, 90° при различном текущем радиусе. Все полученные данные записываем в таблицу напряжений (табл. 1.2), которую используем для построения эпюр.

Таблица 1.2

**Значения напряжений**

| $r$, м | 0° | | 45° | | 90° | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_r$, МПа | $\sigma_\Theta$, МПа | $\sigma_r$, МПа | $\sigma_\Theta$, МПа | $\sigma_r$, МПа | $\sigma_\Theta$, МПа |
| 1 $r_0$ | 0 | 7,73 | 0 | 12,88 | 0 | 18,03 |
| 2 $r_0$ | 5,07 | 6,52 | 4,83 | 8,05 | 4,59 | 9,58 |
| 3 $r_0$ | 6,49 | 5,82 | 5,72 | 7,16 | 4,96 | 8,49 |
| 4 $r_0$ | 7,02 | 5,54 | 6,04 | 6,84 | 5,06 | 8,15 |
| 5 $r_0$ | 7,27 | 5,40 | 6,18 | 6,70 | 5,09 | 7,99 |
| 6 $r_0$ | 7,41 | 5,33 | 6,26 | 6,62 | 5,11 | 7,91 |
| 7 $r_0$ | 7,49 | 5,28 | 6,31 | 6,57 | 5,12 | 7,86 |

Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения показаны на рис. 1.11.

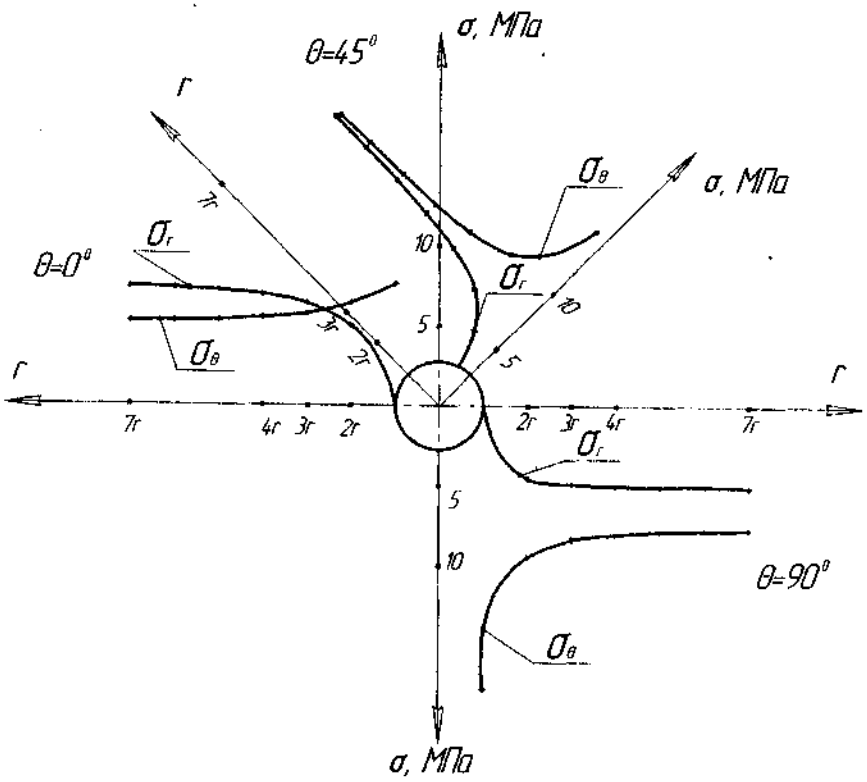



Рис. 1.11. Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения



# 2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

## 2.1. Основные понятия и зависимости

*Пластичность* – свойство горных пород испытывать при нагружении необратимые (остаточные, пластические) деформации.

*Прочность* - свойство материалов воспринимать нагрузки без разрушения.

Для характеристики пластических свойств (прочности) горных пород, а также материалов крепи горных выработок и обделок подземных сооружений применяется пластическая модель (теория прочности Кулона-Мора).

Основные положения модели:

1. Пластические деформации (разрушения) происходят путём сдвига по площадкам скольжения.

2. Сдвигу по площадке скольжения препятствует сцепление и трение (рис. 2.1, *а*).

3. Пластичность (прочность) материала определяется величиной только максимальных и минимальных главных напряжений ($\sigma_1$ и $\sigma_3$).

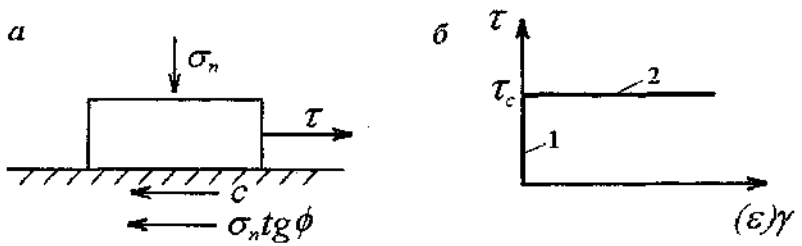



Рис. 2.1. Структурная схема (*а*) и диаграмма напряжений (*б*) жёсткопластической модели:
1 – отсутствие деформаций; 2 – пластические деформации

Из схемы (см. рис. 2.1, *а*) непосредственно следует условие пластичности (прочности) Кулона-Мора

$$\tau_c = c + \sigma_n \operatorname{tg}\varphi, \qquad (2.1)$$

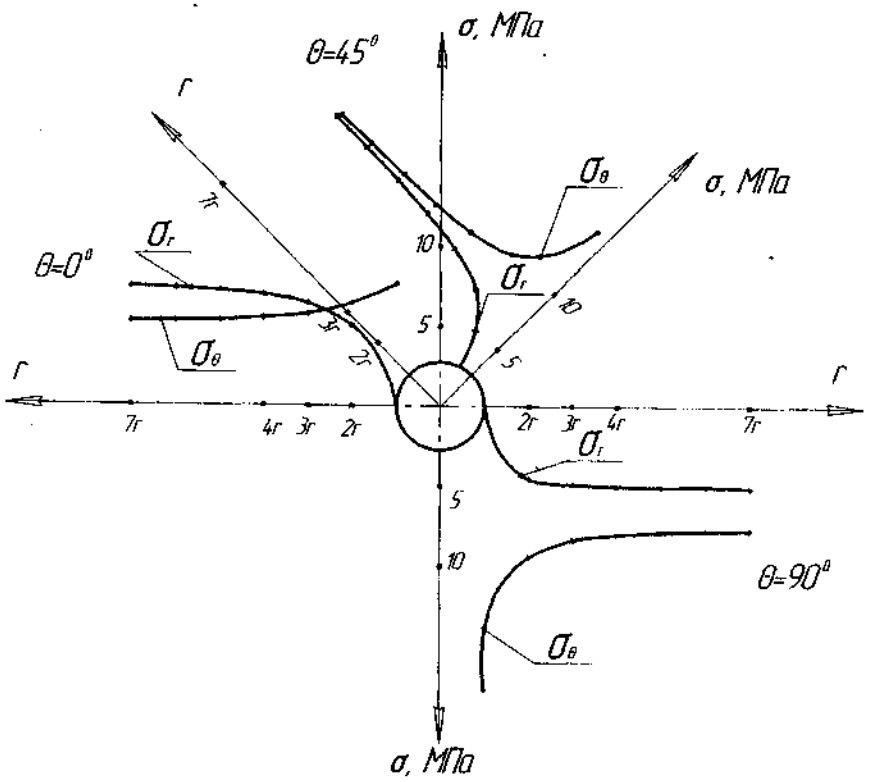



Рис. 1.11. Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения



# 2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

## 2.1. Основные понятия и зависимости

*Пластичность* – свойство горных пород испытывать при нагружении необратимые (остаточные, пластические) деформации.

*Прочность* - свойство материалов воспринимать нагрузки без разрушения.

Для характеристики пластических свойств (прочности) горных пород, а также материалов крепи горных выработок и обделок подземных сооружений применяется пластическая модель (теория прочности Кулона-Мора).

Основные положения модели:

1. Пластические деформации (разрушения) происходят путём сдвига по площадкам скольжения.

2. Сдвигу по площадке скольжения препятствует сцепление и трение (рис. 2.1, *а*).

3. Пластичность (прочность) материала определяется величиной только максимальных и минимальных главных напряжений ($\sigma_1$ и $\sigma_3$).

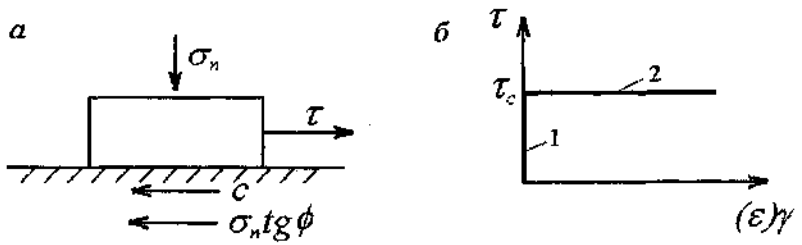



Рис. 2.1. Структурная схема (*а*) и диаграмма напряжений (*б*) жёсткопластической модели:
1 – отсутствие деформаций; 2 – пластические деформации

Из схемы (см. рис. 2.1, *а*) непосредственно следует условие пластичности (прочности) Кулона-Мора

$$\tau_c = c + \sigma_n \operatorname{tg}\varphi, \qquad (2.1)$$

где $\tau_c$ - касательные напряжения на площадках скольжения; $c$ - сцепление; $\sigma_n$ - нормальные напряжения на площадках скольжения; $\varphi$ - угол внутреннего трения.

Условие (2.1) называют условием предельного состояния. Графическое изображение уравнения (2.1) представляет собой паспорт прочности горных пород (рис. 2.2, *а*) – огибающая наибольших кругов напряжений, которые испытывает порода на пределе прочности.

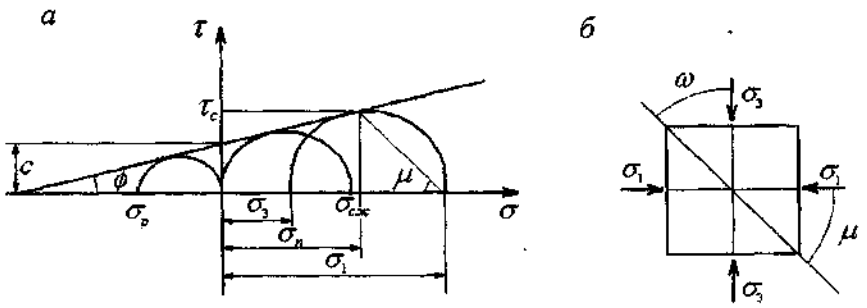



Рис. 2.2. Диаграмма наибольших кругов напряжений (*а*) и ориентировка площадок скольжения относительно главных напряжений (*б*) в пластической среде

Из геометрии кругов напряжений и огибающей можно получить следующие соотношения:

1. Предел прочности на одноосное сжатие

$$\sigma_{сж} = \frac{2c \cdot \cos\varphi}{1 - \sin\varphi}; \qquad (2.2)$$

2. Условие прочности в главных направлениях

$$\sigma_1 = \sigma_{сж} - \beta\sigma_3, \qquad (2.3)$$

где $\beta$ - параметр объёмной прочности;

$$\beta = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}; \qquad (2.4)$$

3. Условие пластичности в общем виде

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2c \cdot \mathrm{ctg}\varphi)^2 \cdot \sin^2\varphi. \qquad (2.5)$$



Угол наклона площадок скольжения к направлению наибольшего $\sigma_1$ и наименьшего $\sigma_3$ главных напряжений (см. рис. 2.2, *б*) составляет

$$\mu = \pm\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad \omega = \pm\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (2.6)$$

## 2.2. Построение паспорта прочности породы (задание № 8)

***Проверить прочность горных пород в точке массива, расположенной на глубине H = 750 м, определить графически и аналитически прочностные характеристики по результатам испытаний. Горные породы представлены известняками.***

*Исходные данные*: объёмный вес $\gamma = 2{,}68 \cdot 10^{-2}$ МН/м$^3$; коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}35$.

Результаты испытаний:

а) $\sigma_3 = 0$ МПа; $\sigma_1 = [\sigma_{сж}] = 51$ МПа.

б) $\sigma_3 = 22$ МПа; $\sigma_1 = 106$ МПа.

*Решение*

По данным испытаний строим круги напряжений 1 и 2 (рис. 2.3), к которым проводим общую касательную.

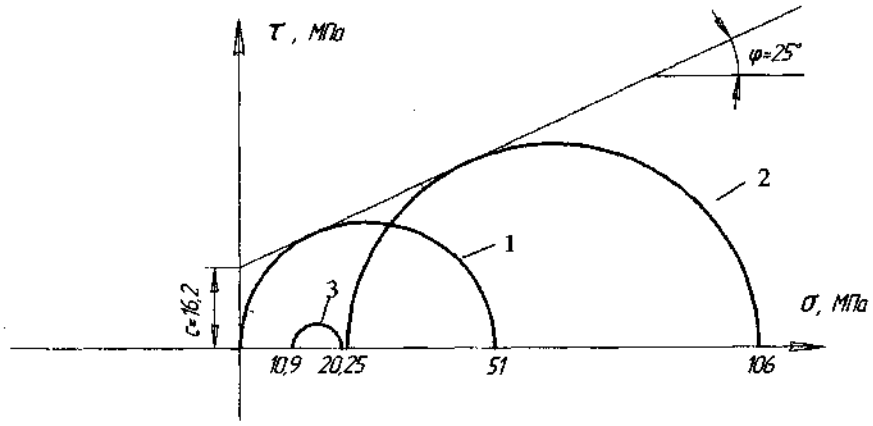



Рис. 2.3. Огибающая наибольших кругов напряжений

Определяем значения компонент напряжений в исследуемой точке массива:

$$\sigma_1^{(0)} = \sigma_Z^{(0)} = \gamma H = 0{,}027 \cdot 750 = 20{,}25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_X^{(0)} = \sigma_Y^{(0)} = \sigma_2^{(0)} = \sigma_3^{(0)} = \lambda\gamma H = \frac{0{,}35}{1-0{,}35} \cdot 20{,}25 = 10{,}9 \text{ МПа}.$$

Полученные значения откладываем на оси σ (см. рис. 2.3) и как на диаметре строим круг напряжения 3. Если построенный круг не выйдет за пределы огибающей, то состояние горной породы в данной точке прочное. В том случае, если круг касается огибающей, то порода находится в предельном состоянии. Если круг напряжений пересекает касательную, то наступает разрушение породы.

В данном случае построенный круг напряжений не выходит за пределы огибающей, т. е. состояние горной породы в данной точке прочное.

По графику (см. рис. 2.3) определяем сцепление с = 16,2 МПа и угол внутреннего трения φ = 25°.

Аналитическое решение определения прочностных характеристик породы по результатам испытаний производится по формулам (2.2)-(2.4)

$$\beta = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} \quad \Rightarrow \quad \varphi = \arcsin\frac{\beta-1}{\beta+1} = \arcsin\frac{1{,}5}{3{,}5} = 25^0 22' 37'';$$

$$\beta = \frac{\sigma_1 - \sigma_{сж}}{\sigma_3} = \frac{106-51}{22} = 2{,}5;$$

$$c = \frac{\sigma_{сж}(1-\sin\varphi)}{2\cos\varphi} = \frac{51 \cdot 0{,}5714}{2 \cdot 0{,}9035} = 16{,}19 \text{ МПа}.$$

### 2.3. Проверка прочности целика (задание № 9)

***Исходные данные: целик в форме куба со стороной в = 5,2*** м ***сжимается под действием веса вышележащих пород P = 25000*** тс ***(рис. 2.4). Предел прочности на сжатие*** $[\sigma_{сж}] = 2470$ тс/м$^2$, ***на растяжение*** $[\sigma_Р] = 260$ тс/м$^2$.



Требуется проверить состояние прочности целика в точках наибольшей концентрации напряжений.

*Решение*

Так как напряженное состояние каждой четверти вертикального сечения целика одинаково, то достаточно рассмотреть одну четверть сечения. На рис. 2.4, *б* показана правая верхняя часть с эпюрами распределения нормальных и касательных напряжений.

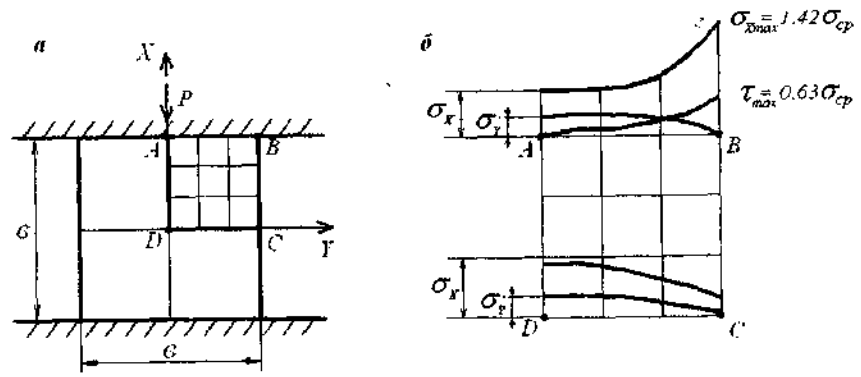



Рис. 2.4. Схема нагрузки (*а*) и напряжений, действующих в элементах целика (*б*)

Наибольшие концентрации напряжений имеют место в центре целика, в точке *D* и у контакта целика с кровлей, в точке *B*.

**В точке *D*** напряжения вычисляются следующим образом:

$$\sigma_3 = \sigma_y = 0{,}04\sigma_{ср} = 0{,}04 \cdot 924{,}6 = 37{,}0 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2};$$

$$\sigma_1 = \sigma_x = 1{,}11\sigma_{ср} = 1{,}11 \cdot 924{,}6 = 1026{,}3 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2};$$

$$\tau_{xy} = 0.$$

$$\sigma_{ср} = \frac{P}{в \cdot в} = \frac{25000}{5{,}2^2} = 924{,}6 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}.$$

**В точке *B*** напряжения вычисляются следующим образом: так как в данной точке действуют касательные напряжения $\tau_{xy}$, то вычисление главных напряжений производим по формулам (1.3).

Предварительно производим вычисление напряжений $\sigma_x$, $\sigma_y$, $\tau_{xy}$ по формулам:

$$\tau_{xy} = 0{,}63\sigma_{ср} = 0{,}63 \cdot 924{,}6 = 582{,}5 \frac{тс}{м^2};$$

$$\sigma_y = 0;$$

$$\sigma_x = 1{,}42\sigma_{ср} = 1{,}42 \cdot 924{,}6 = 1312{,}9 \frac{тс}{м^2}.$$

Подставляя полученные значения напряжений в формулу (1.3), получим:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}(1312{,}9 + 0) + \sqrt{\frac{1}{4}(1312{,}9 - 0)^2 + 582{,}5^2} = 1534 \frac{тс}{м^2};$$

$$\sigma_3 = \frac{1}{2}(1312{,}9 + 0) - \sqrt{\frac{1}{4}(1312{,}9 - 0)^2 + 582{,}5^2} = -221{,}2 \frac{тс}{м^2}.$$

По заданным значениям $[\sigma_{сж}]$ и $[\sigma_р]$ строим диаграмму прочности на следующих кругах напряжения:

$1 - \sigma_1 = |\sigma_р|; \sigma_3 = 0;$

$2 - \sigma_1 = 0; \sigma_3 = [\sigma_{сж}]$ (рис. 2.5).

Уравнение огибающей кругов принимают в виде параболы

$$\tau = \sqrt{(|\sigma_р| + \sigma) f}, \qquad (2.7)$$

где

$$f = 2|\sigma_р| - 2\sqrt{|\sigma_р|(|\sigma_р| + [\sigma_{сж}])} + [\sigma_{сж}]; \qquad (2.8)$$

$\sigma$ - текущее значение нормального напряжения.

$$f = 2 \cdot 260 - 2\sqrt{260(260 + 2470)} + 2470 = 1305 \text{ тс/м}^2.$$



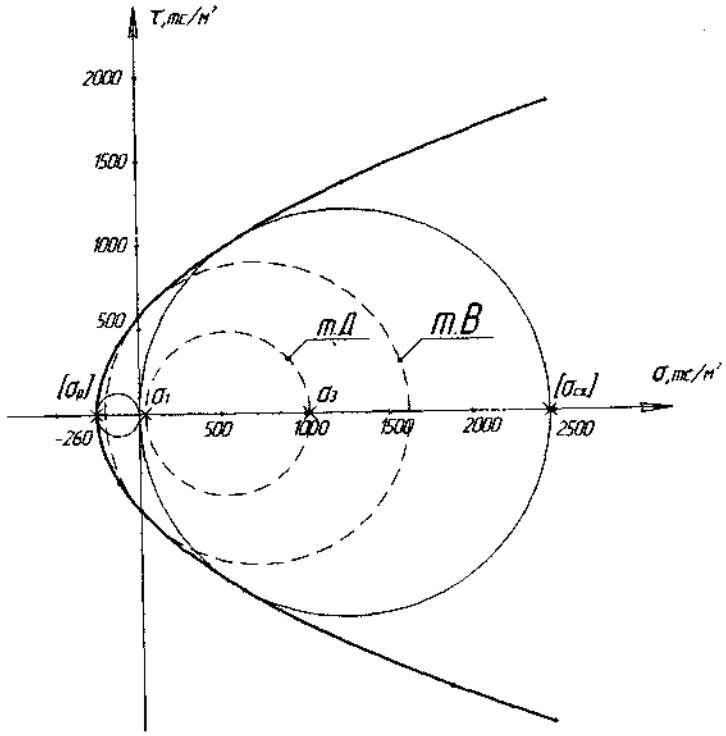



Рис. 2.5. Диаграмма прочности горных работ

Полученные значения, вычисленные по формуле (2.7), записываются в таблицу значений напряжений (таб. 2.1) и используются для построения огибающей кругов напряжений (см. рис. 2.5).

Таблица 2.1

**Значения напряжений**

| Значение σ | σр | $\frac{1}{2}$σр | 0 | $\frac{1}{4}$σ сж | $\frac{1}{2}$σ сж | $\frac{3}{4}$σ сж | σ сж |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | -260 | -130 | 0 | 617,5 | 1235 | 1852,5 | 2470 |
| Значение τ | 0 | 411,9 | 582,5 | 1070,1 | 1396,8 | 1660,4 | 1887,5 |

Для проверки прочности горных пород в точках *B* и *D* целика на диаграмме прочности (см. рис. 2.5) строятся соответствующие круги напряжений и по вычисленным для данных точек значениям главные напряжения $\sigma_1$ и $\sigma_3$.

Если построенный круг не выйдет за пределы огибающей, то состояние породы в данной точке целика прочное, в противном случае должно наступить разрушение в виде трещин, наклонённых к наибольшему нормальному напряжению под углом $\theta$.

Если касание круга напряжений произойдёт на оси $\sigma$ диаграммы, это значит, что разрушение произойдёт по поверхности, нормаль к которой совпадает с положительным направлением оси главного максимального напряжения. Наклон трещины по отношению к опорной поверхности целика будет: $\beta = 180^0 - \theta$.

В данном случае, так как круги напряжений не выходят за пределы огибающей, то состояние породы в точках *B* и *D* целика прочное.

## 3. ЖЕСТКО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

### 3.1. Нагрузка на крепь горизонтальных выработок (задание № 10)

а) ***Определить величину максимальной нагрузки на крепь горизонтальной выработки шириной 2B = 3,6 м, пройденной в песчаниках. Принять концепцию опускающегося столба породы.***

Жестко-пластическая модель массива имеет две области:
1 – участок, где деформации отсутствуют (жесткая область);
2 - пластическая область (рис. 3.1).

Для решения принимаем следующие характеристики пород: $\gamma = 2{,}69$ тс/м$^3$; $c = 0{,}2$ тс/м$^2$; $\nu = 0{,}28$; $\varphi = 45°$.

Расчет отпора крепи, необходимого для удержания пород при принятии концепции опускающегося столба пород, осуществляется по формуле

$$P = \frac{\gamma \cdot в - c}{\lambda \cdot \mathrm{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-\lambda \cdot \frac{H}{в} \cdot \mathrm{tg}\varphi\right)\right], \qquad (3.1)$$



где *в* – полупролет выработки; *c* – сцепление горных пород; *H* – глубина заложения выработки; $\lambda$ - коэффициент бокового давления.

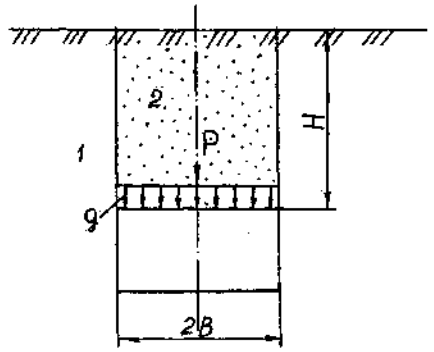



Рис. 3.1. Схема к определению нагрузки на крепь в соответствии с моделью опускающегося столба: 1 – жёсткая область; 2 – пластическая область

Максимальная нагрузка на крепь определяется взятием частной производной и приравниванием ее к нулю:

$$\frac{\partial P}{\partial H} = \frac{\gamma в - c}{\lambda \mathrm{tg}\varphi} - \frac{\gamma в - c}{\lambda \mathrm{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{в}\mathrm{tg}\varphi\right) = \frac{\gamma в - c}{\lambda \mathrm{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{в}\mathrm{tg}\varphi\right) = 0;$$

$$\frac{\gamma в - c}{\lambda \mathrm{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{в}\mathrm{tg}\varphi\right) \cdot \frac{\lambda}{в}\mathrm{tg}\varphi = 0;$$

$$\frac{\gamma в - c}{в}\exp\left(-\lambda \frac{H}{в}\mathrm{tg}\varphi\right) = 0\,. \qquad (3.2)$$

Коэффициент бокового давления вычисляется по формуле (1.37)

$$\lambda = \frac{0{,}28}{1 - 0{,}28} = 0{,}39\,.$$

Подставляем известные данные в формулу (3.2)

$$\frac{2{,}69\cdot 1{,}8-0{,}2}{1{,}8}\exp\left(-0{,}39\frac{H}{1{,}8}\cdot 1\right)=0;$$

$$2{,}58\exp(-0{,}22H)=0\Rightarrow \exp=0.$$

Так как глубина заложения выработки нам не известна, следовательно, $H\to\infty$, то в формуле (3.2) величина $\left(\exp\left(-\lambda\frac{H}{в}\operatorname{tg}\varphi\right)\right)$ тоже стремится в бесконечность, следовательно, максимальная нагрузка на крепь будет вычисляться по формуле

$$P_{\max}=\frac{\gamma\cdot в-c}{\lambda\cdot\operatorname{tg}\varphi},$$

$$P_{\max}=\frac{2{,}69\cdot 1{,}8-0{,}2}{0{,}39\cdot 1}=11{,}9\ \text{тс/м}^2.$$

б) ***определить нагрузку на крепь горизонтальной выработки прямоугольной формы шириной 2В = 3,0 м, пройденной по пласту суглинков, расположенному в известняках. Расчет производится по методу П. М. Цимбаревича.***

*Исходные данные*: суглинок: $\gamma = 2{,}2$ тс/м$^3$; $\varphi = 23°$; $c = 3$ МПа; кажущийся угол внутреннего трения $\varphi^к = 60°$; известняки: $\gamma = 2{,}68$ тс/м$^3$; кажущийся угол внутреннего трения $\varphi^к = 85$.

Современная расчетная схема для расчета по методу Цимбаревича представлена на схеме (рис. 3.2).

Половина пролета увеличенного свода определяем по формуле

$$a_1=в+h\cdot\operatorname{ctg}\left(45°+\frac{\varphi^к}{2}\right),\qquad(3.3)$$

где $в$ – полупролет выработки в проходке; $h$ – высота выработки в проходке, $h = M$; $\varphi^к$ – кажущийся угол внутреннего трения суглинков.

$$a_1=1{,}5+3\operatorname{ctg}\left(45°+\frac{60°}{2}\right)=2{,}3\ \text{м}.$$



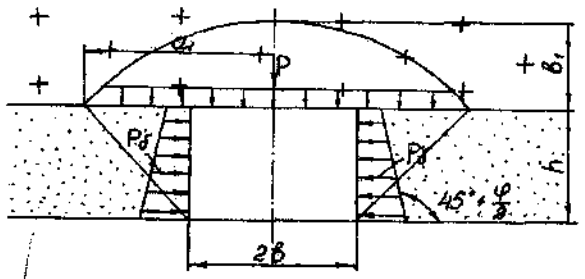



Рис. 3.2. Современная расчетная схема

Высота свода находится по формуле

$$в_1=\frac{a_1}{f},\qquad(3.4)$$

где $f$ – коэффициент трения суглинков, определяется по формуле

$$f=\frac{[\sigma_{сж}]}{100},\qquad(3.5)$$

где

$$[\sigma_{сж}]=\frac{2c\cdot\cos\varphi}{1-\sin\varphi},\qquad(3.6)$$

$$[\sigma_{сж}]=\frac{2\cdot 3\cdot\cos 23^0}{1-\sin 23^0}=9\,\text{МПа}$$

$$f=\frac{900}{100}=0{,}9$$

$$в_1=\frac{2{,}3}{0{,}9}=2{,}6\ \text{м}.$$

Интенсивность нагрузки на крепь сверху определяем по формуле

$$P_в=k_р\cdot\gamma\cdot в_1,\qquad(3.7)$$

где $k_р$ – коэффициент условий работы грунтового массива, принимается в зависимости от типов грунтов от 1 до 2; для условий зада-

чи в соответствии со СНиП II-44-78 принимаем равным 1, где $\gamma$ - объемный вес суглинков.

$$P_в = 1 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}6 = 5{,}7 \text{ тс/м}^2.$$

Интенсивность боковой нагрузки определяем по формуле:

$$P_б = \gamma\left(k_р \cdot в_1 + 0{,}5h\right) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi^к}{2}\right), \qquad (3.8)$$

где $\gamma$ – объемный вес, $\varphi^к$ – кажущийся угол внутреннего трения (для условий задачи известняков).

$$P_б = 2{,}68(1 \cdot 2{,}6 + 0{,}5 \cdot 3) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{85°}{2}\right) = 0{,}02 \text{ тс/м}^2.$$

### 3.2. Определение размеров поперечного сечения стойки крепления (задание № 11)

***Подобрать сечения круглой деревянной стойки крепления выработки, пройденной на глубине* 100 м *в породах, объемный вес которых* $\gamma$ = 2,4 тс/м$^3$; *кажущийся угол внутреннего трения* $\varphi^*$ = 65°.**

*Исходные данные*: размеры выработки: $в$ = 4,2 м, $h$ = 3,0 м, $[\sigma]_{дер}$ = 120 кгс/см$^2$.

Расчетная схема представлена на рис. 3.3.

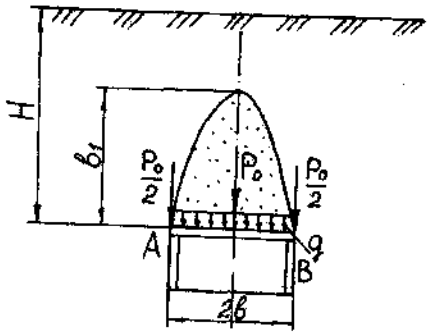



Рис. 3.3. Расчетная схема



При условии, что расстояние между рамами крепи $L$ = 1 м, то величину вертикальной нагрузки определяем по формуле

$$P_в = q = \frac{4}{3} \cdot \frac{в^2}{f} \cdot \gamma, \qquad (3.9)$$

где $в$ - полупролет выработки; $\gamma$ - объемный вес породы; $f$ – коэффициент трения породы, равный

$$f = \operatorname{tg} \varphi^*. \qquad (3.10)$$

$$f = \operatorname{tg} 65° = 2{,}145.$$

$$P_в = q = \frac{4}{3} \cdot \frac{4{,}2^2}{2{,}145} \cdot 2{,}4 = 26{,}3 \text{ тс/м}.$$

Величины сосредоточенных нагрузок в центре $P_0$ и на краях верхнего элемента крепи $P_A$ , $P_B$. (см. рис. 3.3) вычисляем по формулам:

$$P_0 = q \cdot 2в; \qquad (3.11)$$

$$P_A = P_B = \frac{P_0}{2}. \qquad (3.12)$$

$$P_0 = 26{,}3 \cdot 2 \cdot 4{,}2 = 221 \text{ тс};$$

$$P_A = P_B = \frac{221}{2} = 110{,}5 \text{ тс}.$$

Подбор сечения стоек ведется методом последовательных приближений с использованием коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения $\varphi$.

Для первого приближения задаем $\varphi_1$ = 0,5, тогда площадь определяем по формуле

$$S_1 = \frac{P_A}{[\sigma_{сж}] \cdot \varphi_1}. \qquad (3.13)$$

$$S_1 = \frac{110500}{120 \cdot 0{,}5} = 1842 \text{ см}^2.$$

Диаметр стойки определяем по формуле

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{S_1}{\pi}}. \qquad (3.14)$$

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{1842}{3{,}14}} = 48 \text{ см}.$$

Радиус инерции сечения определяем по формуле

$$i_1 = \sqrt{\frac{\pi d_1^4}{64} \cdot \frac{4}{\pi \cdot d_1^2}} = \frac{d_1}{4}; \qquad (3.15)$$

$$i_1 = \frac{48}{4} = 12 \text{ см}^2.$$

Гибкость стойки определяем по формуле

$$\lambda_1 = \frac{\omega \cdot l}{i_1}, \qquad (3.16)$$

где $\omega$ - коэффициент длины стойки, зависящий от способа закрепления концов стойки; для заданных условий, когда один конец стрежня жестко заделан, а другой свободен, принимаем $\omega = 2$;
$l$ – длина стойки, см; $i_1$ - минимальный радиус инерции поперечного сечения стойки, см.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 300}{12} = 50.$$

По таблице 3.1 находим значение $\varphi_1' = 0{,}80$.



Таблица 3.1

**Значение коэффициента $\varphi'$**

| $\lambda$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varphi'$ | 1 | 0,99 | 0,97 | 0,93 | 0,87 | 0,80 | 0,71 | 0,60 | 0,48 | 0,38 | 0,31 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | 0,16 |

Отсюда допускаемое напряжение на устойчивость определяем по формуле:

$$[\sigma]_y = [\sigma]_{\text{дер}} \cdot \varphi_1'; \qquad (3.17)$$

$$[\sigma]_y = 120 \cdot 0{,}80 = 96 \text{ кгс/см}^2.$$

Действительное напряжение определяем по формуле

$$\sigma = \frac{P_A}{S_1}; \qquad (3.18)$$

$$\sigma = \frac{110500}{1842} = 60 \text{ кгс/см}^2 < [\sigma_y].$$

Вычисления выполняются до тех пор, пока $[\sigma_y] \geq \sigma$. Значение диаметра $d$, при котором получается это неравенство, принимается за поперечный размер стойки.

В том случае, если $[\sigma_y] < \sigma$, необходимо увеличить сечение стойки, а следовательно, уменьшить значение коэффициента $\varphi$.

Для второго приближения $\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_1'}{2}$, для третьего $\varphi_3 = \frac{\varphi_2 + \varphi_2'}{2}$ и т. д.

В данном случае $[\sigma_y] \geq \sigma$, поэтому принимаем значение диаметра стойки $d_1 = 48$ см.

### 3.3. Нагрузка на крепь вертикальных стволов шахт (задание № 12)

а) ***Определить, на какой глубине ствола радиусом $r_0$, пройденного в песчаниках, можно для определения давления использовать как формулу М. М. Протодьяконова и Н. С. Булычева.***

*Исходные данные*: $\gamma = 2{,}69$ тс/м$^3$; $\varphi = 45°$; Нс = 500 м; $r_0 = 4{,}2$ м.

Метод Булычева – метод сползающего объема пород вокруг ствола. Давление на крепь определяется весом сползающего объема (рис. 3.4), отделённого от остальной, недеформируемой части массива, поверхностью скольжения.

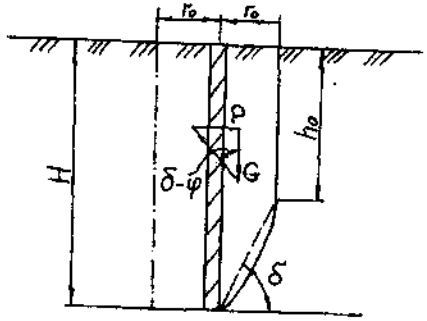



Рис. 3.4. Расчетная схема к определению нагрузки на крепь методом Булычева

Расчетное давление на крепь определяется по следующим выражениям:

$$P = \gamma r_0 \left( \operatorname{tg}(\delta - \varphi) - \frac{B_1}{2B_2 \cos^2(\delta - \varphi)} \right), \qquad (3.19)$$

где

$$\delta = \operatorname{arctg}\left[ \cos ec\varphi \left( \sqrt{1 + 2\frac{Hc}{r_0}\operatorname{tg}\varphi} - \cos\varphi \right) \right]; \qquad (3.20)$$

$$B_1 = \sin 2\delta + \sin 2(\delta - \varphi) - 4\frac{H}{r_0}\cos^2\delta; \qquad (3.21)$$



$$B_2 = 2\frac{Hc}{r_0}\sin 2\delta + \cos 2\delta + \cos 2(\delta - \varphi); \qquad (3.22)$$

$$\delta = \operatorname{arctg}\left[ \cos ec45° \left( \sqrt{1 + 2\frac{500}{4{,}2}\operatorname{tg}45°} - \cos 45° \right) \right] = 87{,}25°;$$

$$B_1 = \sin 174{,}5° + \sin 84{,}5° - 4\frac{H}{4{,}2}\cos^2 87{,}25° = 1{,}091 - 0{,}002\,H;$$

$$B_2 = 2\frac{500}{4{,}2}\sin 174{,}5° + \cos 174{,}5° + \cos 84{,}5° = 21{,}92.$$

Получаем:

$$P = 2{,}69 \cdot 4{,}2\left( \operatorname{tg}42{,}25° - \frac{1{,}091 - 0{,}002H}{2 \cdot 21{,}92 \cdot \cos^2 42{,}25°} \right) =$$

$$= 11{,}3 \cdot \left( 0{,}908 - \frac{1{,}091 - 0{,}002H}{24{,}021} \right).$$

Подставляя в полученную выше формулу различные значения $H$, получаем (таб. 3.2).

Таблица 3.2

**Значения давления на крепь ствола по методу Н. С. Булычёва**

| $H$, м | 0 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, тс/м$^2$ | 9,747 | 9,766 | 9,775 | 9,785 | 9,794 | 9,804 | 9,813 | 9,822 | 9,832 |

| $H$, м | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, тс/м$^2$ | 9,841 | 9,851 | 9,860 | 9,869 | 9,879 | 9,888 | 9,935 | 9,982 | 10,029 |

Максимальная величина давления составит

$$P_{\max} = \frac{\gamma r_0}{\operatorname{tg}\varphi} = \frac{2{,}69 \cdot 4{,}2}{\operatorname{tg}45} = 11{,}3 \text{ тс/м}^2.$$

Метод профессора М. М. Протодьяконова основан на аналогии с плоскими подпорными стенками. Давление на крепь вертикального ствола оказывает вес породы за счет сползающей призмы (рис. 3.5).

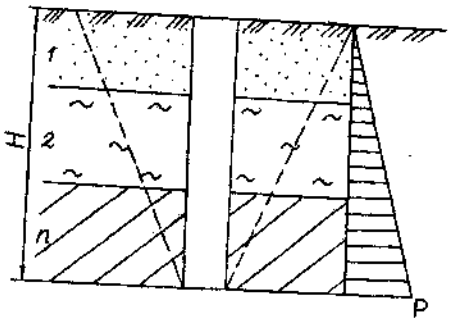



Рис. 3.5. Схема к определению нагрузки на крепь ствола по методу Протодьяконова

Определение нагрузки производится по формуле

$$P = \gamma H \mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad (3.23)$$

Подставляя в формулу (3.23) различные значения $H$, получаем значения давления на крепь (таб. 3.3).

Таблица 3.3

**Значения давления на крепь ствола по методу М. М. Протодьяконова**

| $H$, м | 0 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, тс/м$^2$ | 0 | 9,23 | 11,54 | 13,85 | 18,46 | 23,08 | 27,69 | 32,31 | 36,92 | 41,54 |

| $H$, м | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, тс/м$^2$ | 46,15 | 69,23 | 92,31 | 115,38 | 138,46 | 161,54 | 184,61 | 207,69 | 230,77 |

Используя полученные результаты (см. таб. 3.2 и 3.3), строим графики зависимости $P = U(H)$ (рис. 3.6). Находим глубину $H$, при которой значения давления на крепь, полученные по методу Н. С. Булычева и М. М. Протодьяконова еще совпадают.

Аналитический метод решения:



$$\gamma \cdot r_0\left[\mathrm{tg}(\delta-\varphi) - \frac{B_1}{2B_2\cos^2(\delta-\varphi)}\right] = \gamma \cdot H\,\mathrm{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right);$$

$$11{,}3\cdot\left(0{,}908 - \frac{1{,}091 - 0{,}002H}{24{,}021}\right) = 2{,}69\cdot H\cdot \mathrm{tg}^2\left(22{,}5^0\right);$$

$$10{,}260 - 0{,}513 + 0{,}00094H = 0{,}462\,H;$$

$$H = 21{,}16 \text{ м}.$$

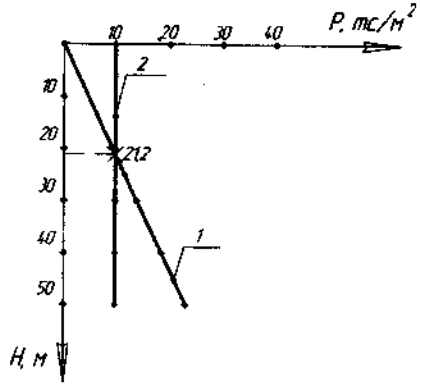



Рис. 3.6. Давление на крепь ствола по результатам расчётов

Вывод: для данных условий можно использовать как формулу Протодьяконова, так и формулу Булычёва до глубины ствола, равным 21,2 м. Определение глубины графическим и аналитическим метод дали одинаковые результаты.

б) ***определить максимальное давление и нагрузки, оказываемые засыпкой из щебня на горизонтальный полок, установленный в ремонтируемом стволе радиусом $r_0$.***

*Исходные данные*: породы - глины твердой консистенции; $\nu$ = 0,35; $r_0$ = 2,18 м; $\gamma$ = 2,16 тс/м$^3$; $c$ = 4,0 мПа = 0,04 тс/м$^2$; $\varphi$ = 23°.

Расчет производим по формуле, характеризующей концепцию опускающегося столба породы (см. рис. 3.1)

$$P = \frac{\gamma_в - c}{\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-\lambda \frac{H}{в} \operatorname{tg}\varphi\right)\right]. \qquad (3.24)$$

Максимальное давление определяется взятием частной производной, и приравниваем ее к нулю.

$$P(H) = 0.$$

$$\frac{\partial P}{\partial H} = \frac{\gamma_в - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi} - \frac{\gamma_в - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi} \exp\left(-\lambda \frac{H}{в} \operatorname{tg}\varphi\right) = \frac{\gamma_в - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi} \exp\left(-\lambda \frac{H}{в} \operatorname{tg}\varphi\right) \frac{\lambda}{в} \operatorname{tg}\varphi = 0.$$

$$\frac{\gamma_в - c}{в} \exp\left(-\lambda \frac{H}{в} \operatorname{tg}\varphi\right) = 0. \qquad (3.25)$$

Коэффициент бокового давления определяем по формуле (1.6):

$$\lambda = \frac{0{,}35}{1 - 0{,}35} = 0{,}54.$$

Подставляем известные данные в формулу (3.26)

$$\frac{2{,}16 \cdot 2{,}18 - 0{,}04}{2{,}18} \exp\left(-0{,}54 \cdot \frac{H}{2{,}18} \cdot \operatorname{tg}23^\circ\right) = 0.$$

$$2{,}14 \exp(-0{,}105H) = 0 \Rightarrow \exp = 0, \text{ при } H \to \infty.$$

$$P_{\max} = \frac{\gamma_в - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}; \qquad (3.26)$$

$$P_{\max} = \frac{2{,}16 \cdot 2{,}18 - 0{,}04}{0{,}54 \cdot tg23^\circ} = 20{,}17 \text{ тс/м}^2.$$



# 4. УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

## 4.1. Определение критического смещения крепи (задание № 13)

***Определить величину перемещения крепи $U_к$, при котором разграничивается применение податливой и жесткой крепи.***

*Исходные данные*: $c$ = 0 мПа; $\gamma$ = 2,0 тс/м$^3$; $H$ = 72 м; $r_0$ = 4,2 м; $\varphi$ = 30°; $G$ = 100 мПа; $\nu$ = 0,28.

Упруго-пластическая модель массива горных пород имеет две зоны: упругую I и пластическую II (рис. 4.1), в которых распределение напряжения подчиняется соответственно закону Гука и закону пластического течения – условию Кулона-Мора, при этом упругие деформации предшествуют пластическим (см. рис. 4.1, *а*).

Необходимо построить график равновесного состояния системы «массив-крепь».

Определение координат точки $A$ ($U_e$; $P_e$) (рис. 4.2), соответствующей переходу от линейных деформаций к нелинейным, производится по формуле

$$P_e = \gamma H(1 - \sin\varphi); \qquad (4.1)$$

$$P_e = 2 \cdot 72\left(1 - \sin 30^\circ\right) = 72 \text{ тс/м}^2.$$

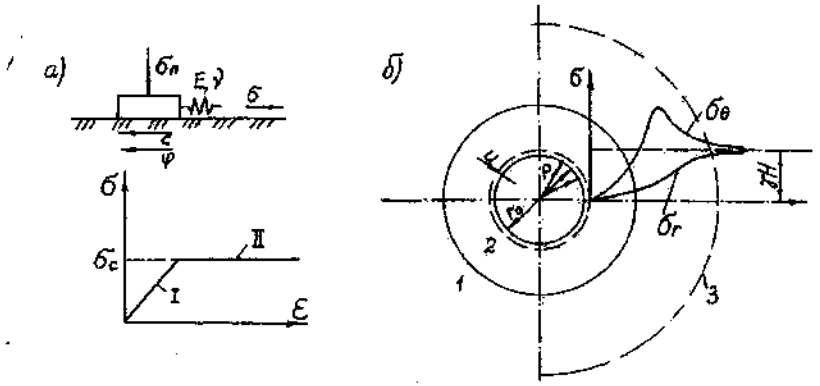



Рис. 4.1. Схема упруго-пластической модели:
*а* – I – область упругих деформаций; II – область пластических деформаций;
б – 1 – зона упругих деформаций; 2 – зона пластических деформаций;
3 – граница влияния выработки

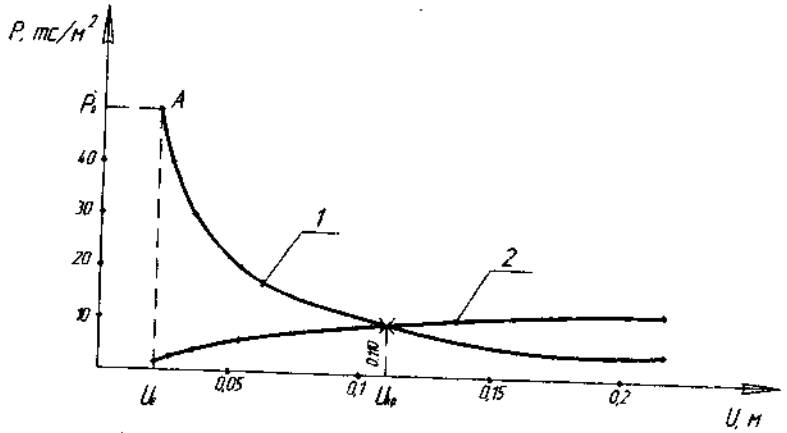



Рис. 4.2. График равновесных состояний

Величину перемещения $U_e$ определяем по формуле

$$U_e = r_0 \frac{\gamma H}{2G}\left(1 - \frac{P_e}{\gamma H}\right); \qquad (4.2)$$

$$U_e = 4{,}2 \cdot \frac{2 \cdot 72}{2 \cdot 10^4}\left(1 - \frac{72}{2 \cdot 72}\right) = 0{,}015 \text{ м}.$$

Полученные значения $P_e$ и $U_e$ откладываем на осях $P$ и $U$ (см. рис. 4.2).

Давая $P$ различные значения ($P < P_e$) получаем соответствующие им значения радиуса зоны пластических деформаций, который вычисляется по формуле

$$\frac{r_e}{r_0} = \left[\frac{\gamma H}{P}(1 - \sin\varphi)\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad (4.3)$$



где $\alpha = \dfrac{2 \cdot \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}$.

$$\alpha = \frac{2\sin 30^\circ}{1 - \sin 30^\circ} = 2.$$

$$\frac{r_e}{r_0} = \left[\frac{2 \cdot 72}{P}\left(1 - \sin 30^\circ\right)\right]^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{72}{P}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Зная значения $\dfrac{r_e}{r_0}$ вычисляем соответствующие им смещения контура выработки при увеличении зоны пластических деформаций по формуле

$$U = r_0 \frac{\gamma H}{2G}\left(\frac{r_e}{r_0}\right)^2 \sin\varphi; \qquad (4.4)$$

$$U = 4{,}2 \frac{2 \cdot 72}{2 \cdot 10^4}\left(\frac{r_e}{r_0}\right)^2 \sin 30^\circ = 0{,}015\left(\frac{r_e}{r_0}\right)^2.$$

Результаты приведены в табл. 4.1. По полученным данным строится график зависимости $P = f(u)$ (см. рис. 4.2).

Таблица 4.1

**Вычисление давления на крепь и смещения контура выработки**

| Давление на крепь, $P$, тс/м² | $\frac{r_e}{r_0}$ | Смещение контура выработки, $U$, м | Жёстко-пласт. модель | |
|---|---|---|---|---|
| | | | высота столба, $H$, м | давление на крепь $P$, тс/м² |
| 50 | 1,20 | 0,022 | 0,84 | 1,60 |
| 40 | 1,34 | 0,027 | 1,44 | 2,64 |
| 30 | 1,55 | 0,036 | 2,31 | 4,04 |
| 20 | 1,90 | 0,054 | 3,77 | 6,08 |
| 10 | 2,68 | 0,108 | 7,07 | 9,59 |
| 5 | 3,80 | 0,216 | 11,74 | 12,71 |

Рост смещения контура выработки сопряжён с уменьшением давления на крепь (см. рис. 4.2). Предоставляя крепи возможность деформироваться, податливая крепь обеспечивает снижение нагрузки на крепь. Однако увеличение смещения ведёт к росту пластической деформации, т. е. все больший объём горного массива заключён между крепью и границей зоны. Это может привести к отрыву какой-то части массива и образованию либо свода обрушения, либо опускающегося столба пород, верхней границей которого будет граница зоны пластических деформаций.

Для условий задачи предположим, что образуется столб пород. Тогда, используя жёстко-пластическую модель массива при отсутствии сцепления пород, имеем

$$P_{ст} = \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-2\lambda \frac{H}{r_0}\operatorname{tg}\varphi\right)\right], \qquad (4.5)$$

при этом высота столба $H$ будет ограничиваться радиусами зоны пластических деформаций $r_e$, т. е.

$$H = r_e - r_0 = r_0\left(\frac{r_e}{r_0} - 1\right). \qquad (4.6)$$

Значения давления на крепь от действия опускающегося столба пород определяем по формуле (4.6) и записываем в табл. 4.1.

Соответственно, зная значения $H$, легко вычислить и значения давления на крепь от действия опускающегося столба пород (см. табл. 4.1).

На основании полученных данных - $U_{ст}$ и $P_{ст}$ - строится график зависимости $P_{ст} = f(U_{ст})$ (см. рис. 4.2).

Точка пересечения графиков 1 и 2 – критическое значение перемещения крепи, $U_{кр}$ = 0,11 м, которое показывает, что дальнейшее использование податливой крепи необоснованно, т. е. необходимо переходить на жесткую крепь, рассчитанную на заданную нагрузку.



# 5. УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

## 5.1. Расчет ленточных целиков (задание № 14)

До какой глубины рационально использовать оборудование шириной 3,9 м , при отработке рудного тела с оставлением ленточных целиков, при $[\sigma_{сж}] = 8860 \frac{тс}{м^2}$, мощностью рудного тела $m$ = 10 м, $\gamma_{ср} = 2{,}8 \frac{тс}{м^3}$; $\gamma_0 = 3{,}6 \frac{тс}{м^3}$, $n$ = 1,5. Критерий рациональности - величина потерь (оставление в целике) $П \le 30$ %. Требование по технике безопасности: ширина камеры $A \ge 3\,a$, где $a$ – ширина оборудования.

Принимаем $П$ – потери = 30 %; $\frac{x}{A} = 0{,}3; \Rightarrow x = A \cdot 0{,}3 = 4{,}5$ м.

Под устойчивостью горных пород понимается их способность сохранить форму и размеры обнажений, образуемых при строительстве горных выработок.

При расчете несущей способности целиков в условиях упругого деформирования и хрупкого разрушения полагается, что целики воспринимают вес всей толщи налегающих пород в пределах площади выработанного пространства. По этому методу размеры ленточных целиков определяют по теории прочности Мора, в предположении, что целики работают в условиях одноосного сжатия.

Для ленточных целиков (рис. 5.1, *а*) ширина целика определяется по формуле

$$x = \frac{A}{\dfrac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot H \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{h_0 \gamma_0}{H \cdot \gamma_{пор}} - 1}, \qquad (5.1)$$

где $A$ – ширина камеры, м; $h_0$ – высота целика (мощность залежи), м; $\gamma_0$ – объемный вес породы в целике, тс/м$^3$; $\gamma_{пор}$ – средний объемный вес породы над целиком, тс/м$^3$; $n$ – коэффициент запаса прочности; $H$ – глубина, м.

Для столбчатых целиков, окружённых выработанным пространством в виде камер с поперечными размерами $A$ x $B$ (рис. 5.1, б) ширина целика определяется по формуле

$$x = \frac{A + A\dfrac{B}{L}}{\dfrac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot H \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{h_0\gamma_0}{H \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{B}{L} - 1}; \qquad (5.2)$$

где $L$ – длина столбчатого целика.

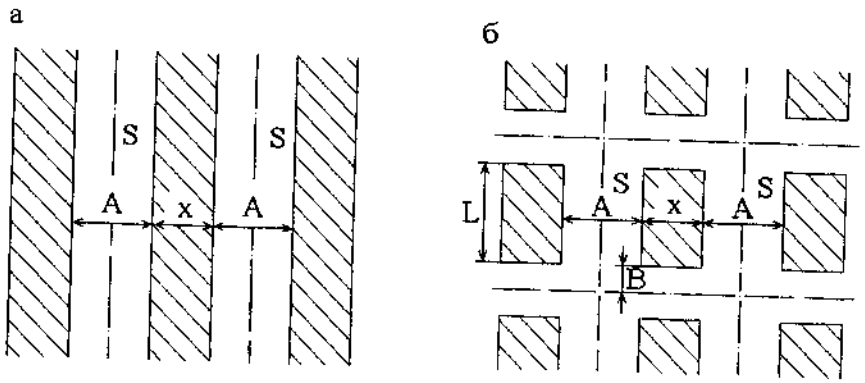



Рис. 5.1. Схема к определению размеров целиков:
*а*) ленточные целики; б) столбчатые целики.

Из формулы (5.1) выражаем $H$ и находим глубину, при которой рационально использовать оборудование шириной $a$ по формуле:

$$H = \frac{\dfrac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{h_0\gamma_0}{\gamma_{пор}}}{\left(\dfrac{A}{x} + 1\right)}; \qquad (5.3)$$



$$H = \frac{\dfrac{8860}{1{,}5 \cdot 2{,}8} - \dfrac{10 \cdot 3{,}6}{2{,}8}}{3{,}33 + 1} = 486{,}5 \text{ м}.$$

Таким образом, для заданных условий данное оборудование рационально использовать до глубины 486,5 м.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


*Булычёв, Н. С.* Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

*Булычёв, Н. С.* Механика подземных сооружений в примерах и задачах / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

ГОСТ 20522-96 "Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний".

ГОСТ 21153.8-88 - Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии.

*Давление и сдвижение горных пород и охрана сооружений:* методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 "Маркшейдерское дело"/сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

*Зотеев, О. В.* Геомеханика: учебное пособие / О. В. Зотеев, В. А. Осинцев. – Екатеринбург: УГГГА, 1997. – 128 с.

*Кацауров, И. Н.* Механика горных пород / И. Н. Кацауров. – М.: Недра, 1981. – 166 с.

СНиП 2-01-07-85 «Нагрузки и воздействия».

СНиП 2-05-03-84 «Мосты и трубы».

СНиП 32-02-2003 «Метрополитены».

СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».

СНиП II-94-80 «Подземные горные выработки».

СНиП II-94-80 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».

*Туринцев, Ю. И.* Горная геомеханика. Ч. 2: учебное пособие / Ю. И. Туринцев, В. Н. Яковлев. – Екатеринбург: УГГГА, 2001. – 192 с.

*Турчанинов, И. А.* Основы механики горных пород / И. А. Турчанинов, М. А. Иофис, Э. В. Каспарьян. – Л.: Недра, 1989. – 488 с.

*Щукин, А. С.* Определение нагрузки на крепь горных выработок: учебное пособие / А. С. Щукин. – Свердловск, 1979. – 77 с.






**Индивидуальные поправки**

| Алфавит | Фамилия | Имя | Отчество |
|---|---|---|---|
| | *N*1 | *N*2 | *N*3 |
| А | 5 | 140 | 70 |
| Б | 10 | 135 | 65 |
| В | 15 | 130 | 60 |
| Г | 20 | 125 | 55 |
| Д | 25 | 120 | 50 |
| Е | 30 | 115 | 45 |
| Ж | 35 | 110 | 40 |
| З | 40 | 105 | 35 |
| И | 45 | 100 | 30 |
| К | 50 | 95 | 25 |
| Л | 55 | 90 | 20 |
| М | 60 | 85 | 15 |
| Н | 65 | 80 | 10 |
| О | 70 | 75 | 5 |
| П | 75 | 70 | 140 |
| Р | 80 | 65 | 135 |
| С | 85 | 60 | 130 |
| Т | 90 | 55 | 125 |
| У | 95 | 50 | 120 |
| Ф | 100 | 45 | 115 |
| Х | 105 | 40 | 110 |
| Ц | 110 | 35 | 105 |
| Ч | 115 | 30 | 100 |
| Ш | 120 | 25 | 95 |
| Щ | 125 | 20 | 90 |
| Э | 130 | 15 | 85 |
| Ю | 135 | 10 | 80 |
| Я | 140 | 5 | 75 |

*Примечание.* Индивидуальные поправки определяются по начальным буквам (инициалам) фамилии, имени, отчества. Например, Гущин Пётр Евгеньевич получает следующие поправки: *N*1=20, *N*2=70, *N*3=45.

**Приложение 2**

**Корректировка исходных данных заданий**

| Номер раздела | Номер задания | Корректировка в исходные данные заданий |
|---|---|---|
| 1.2 | 1 | $\sigma_1 = 547 - N1;\ \sigma_3 = 226 - N2;$ [МПа] |
| 1.3 | 2 | $H = 39 + N3;$ [м]; $\varepsilon_x = 6 \cdot 10^{-3} - (0{,}01 \cdot N3) \cdot 10^{-3}$ |
| 1.4 | 3 | $H = 790 - N2;\ r_0 = 2 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м] |
| 1.5 | 4 | $H = 1200 - N3;$ [м]; $\varepsilon_x = 3{,}66 \cdot 10^{-4} + (0{,}01 \cdot N1) \cdot 10^{-4};$ $\varepsilon_y = 0{,}03 \cdot 10^{-4} + (0{,}01 \cdot N2) \cdot 10^{-4}$ |
| 1.6 | 5 | $r_{0(1)} = 2 + (0{,}01 \cdot N1);\ r_{0(2)} = 2{,}8 + (0{,}01 \cdot N2);$ $l = 47 + (0{,}1 \cdot N3);$ [м] |
| 1.7 | 6 | $H = 100 + N1;\ r_0 = 2{,}5 + (0{,}01 \cdot N3);$ [м] |
| 1.8 | 7 | $H = 280 + N2;\ r_0 = 2{,}8 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м] |
| 2.2 | 8 | $H = 750 - N1;$ [м]; $[\sigma_{сж}] = 51 + (0{,}1 \cdot N3);$ $[\sigma_1] = 106 + (0{,}1 \cdot N2);$ [МПа] |
| 2.3 | 9 | $в = 5 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м]; $[\sigma_р] = 260 + N2;\ [\frac{тс}{м^2}]$ |
| 3.1 | 10, а | $2в = 3{,}6 + (0{,}01 \cdot N3);$ [м] |
| 3.1 | 10, б | $2в = 3{,}0 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м] |
| 3.2 | 11 | $H = 100 + N3;\ h = 3{,}0 + (0{,}01 \cdot N2);$ [м]; $[\sigma]_{дер} = 120 + (0{,}1 \cdot N1);\ [\frac{кгс}{см^2}]$ |
| 3.3 | 12 | $H_c = 500 + N1;\ r_0 = 4.2 + (0{,}01 \cdot N3);$ [м] |
| 4.1 | 13 | $H = 72 + N2;\ r_0 = 4.2 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м] |
| 5.1 | 14 | $a = 3{,}9 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м]; $[\sigma_{сж}] = 8860 - N3;\ [\frac{тс}{м^2}]$ |

**Министерство науки и высшего образования**

**Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Уральский государственный горный университет»**

Жабко А.В.

# ОСНОВЫ ГЕОМЕХАНИКИ

Методические указания к самостоятельной работе и задания

для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург

2020

# ВВЕДЕНИЕ

## Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа обучающихся (СРО) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРО, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

**Работа с книгой**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации**

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса обучающимся необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.
2. Свойства горных пород и массивов
3. Естественное напряженное состояние горного массива
4. Методы изучения горного давления
5. Математические модели горного массива
6. Методы решения задач механики сплошной среды
7. Управление горным давлением
8. Опорное давление
9. Расчет нагрузок на крепь
10. Динамические проявления горного давления
11. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

## ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Основы горной геомеханики» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-5]. Работа с материалом должна носить системный характер.

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающийся предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

## ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.

1. Содержание и задачи дисциплины.
2. Теоретическое и практическое значение геомеханики для маркшейдеров и горняков.
3. Связь курса с другими дисциплинами.
4. Предмет, объекты изучения.
5. Задачи геомеханики.

Тема 2: Свойства горных пород и массивов

1. Классификация свойств горных пород.
2. Плотностные, прочностные и деформационные характеристики горных пород.
3. Роль трещиноватости в формировании свойств горных массивов.
4. Методы определения свойств горных массивов.
5. Коэффициент структурного ослабления.
6. Исходные физико-механические характеристики горных пород и массивов

Тема 3: Естественное напряженное состояние горного массива

1. Напряженное состояние нетронутого массива горных пород как упругой среды.
2. Напряженное состояние массива раздельно-зернистых пород.
3.Влияние тектонических сил при оценке напряженного состояния массивов горных пород.
4. Методы определения естественных напряжений на малых базах.
5. Методы определения естественных напряжений на больших базах.

Тема 4: Методы изучения горного давления

1. Общие сведения о методах изучения горного давления.
2. Методы измерений в натурных условиях.
3. Предметное моделирование.
4. Метод эквивалентных материалов.
5. Поляризационно-оптический метод.
6. Математическое моделирование.
7. Аналитические методы исследования напряженно-деформированного состояния и прочности горных пород.
8. Применение моделей сплошных и дискретных сред

Тема 5: Математические модели горного массива

1. Математические модели горного массива: упругая.
2. Математические модели горного массива упругопластическая.
3. Математические модели горного массива жесткопластическая.

Тема 6: Методы решения задач механики сплошной среды

1. Аналитические методы решения.
2. Задача Кирша, Буссинеска, Фламана.
3. Бигармоническое уравнение и его приложения.
4. Теорема Леви-Митчела.
5. Приближенные методы решения задач теории упругости.
6. Метод конечных элементов.
7. Метод граничных интегральных уравнений.

Тема 7: Управление горным давлением

1. Общие сведения об управлении горным давлением.
2. Способы, повышающие устойчивость выработок.
3. Параметры управления горным давлением, снижающие нагрузку.
4. Расчет опорных целиков.
5. Расчет закладочных смесей.

Тема 8: Опорное давление

1. Опорное давление.
2. Теории горного давления.

Тема 9: Расчет нагрузок на крепь

1. Общие сведения о расчете нагрузок на крепь.
2. Методы расчета нагрузок на крепь горизонтальных горных выработок.
3. Методы расчета нагрузок на крепь наклонных горных выработок
4. Методы расчета нагрузок на крепь вертикальных горных выработок.
5. Методы механики подземных сооружений.

Тема 10: Динамические проявления горного давления

1. Общие сведения о динамических проявлениях горного давления.
2. Классификация динамических явлений.
3. Причины возникновения и механизм горных ударов.
4. Условия возникновения внезапных выбросов и представление о их механизме.

Тема 11: Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

1. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.
2. Прогнозирование динамических проявлений горного давления на основе локального геофизического резонанса.
3. Опыт разработки удароопасных месторождений.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Основы горной геомеханики*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы горной геомеханики*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

## Рекомендуемая литература

1. Туринцев Ю.И., Яковлев В.Н. Горная геомеханика ч. 2. Горное давление при подземной разработке месторождений: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 192 с..

2. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.

3. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.

4. Учебное пособие “Горная геомеханика. Ч.2. Горное давление при подземной разработке месторождений” по специальности 21.05.04 «Горное дело».

5. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине “Основы горной геомеханики”для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело» (МД), Сост.: В.Н.Яковлев, УГГУ, Екатеринбург, 2019. 63 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.15 ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Автор: [Демина Т.В., доцент, к.т.н.]

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Содержание

1 Методические указания для выполнения практических работ…… 3
2 Методические указания для выполнения самостоятельной работы…… 25
Список литературы……44

# 1 Методические указания для выполнения практических работ

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

«Выявление опасных и вредных производственных факторов»

Безопасность условий труда на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ (ГОСТ 12.0.003 — 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»). При этом учитываются источники механических травм; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; определяются условия микроклимата в помещениях; оценивается освещенность в помещениях и на конкретном рабочем месте; определяется возможность получения электротравм; исследуется токсичность применяемых веществ; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта; определяется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также сосудов, находящихся под давлением.

*Идентификация опасных и вредных производственных факторов* - это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей, вероятности, величины и последствий их появления.

*Опасным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

*Вредным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

ГОСТ 12.0.003-74 подразделяет опасные и вредные производственные факторы по природе действия на четыре группы:

*Физические опасные и вредные производственные факторы:*

движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;

передвигающиеся изделия, материалы, заготовки;

разрушающиеся конструкции;

обрушивающиеся горные породы;

повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;

повышенная или пониженная температура рабочей зоны;

повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвуковых колебаний;

повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение;

повышенные или пониженные влажность, подвижность, ионизация воздуха;

повышенный уровень ионизирующих излучений;

повышенные значения напряжения в электрической цепи;

повышенные уровни статического электричества, электромагнитных излучений;

повышенная напряженность электрического и магнитного полей;

отсутствие и недостаток естественного света;

недостаточная освещенность рабочей зоны;

повышенная яркость света;

пониженная контрастность;

прямая и отраженная блескость;

повышенная пульсация светового потока;

повышенные уровни ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;

острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;

расположение рабочего места на значительной высоте относительно пола (земли).

*Химические опасные и вредные производственные факторы:*

химические вещества, которые по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

токсические (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, ртуть, органические соединения, тетраэтилсвинец, дихлорэтан);

раздражающие (кислоты, щелочи, фосген, аммиак, оксиды серы и азота, сероводород);

сенсибилизирующие вещества (соединения ртути, платина, формальдегид);

канцерогенные вещества (ПАУ, 3,4 – бенз(а)пирен, мазут, гудрон, битум, масла, сажа, асбест, ароматические амины).

вещества, обладающие мутагенной активностью (органические перекиси, иприт, оксид этилена, формальдегид)

вещества, влияющие на репродуктивную функцию (бензол, сероуглерод, свинец, сурьма, марганец, марганец, ядохимикаты, никотин, соединение ртути).

*Биологические опасные и вредные производственные факторы:*

патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, рилкетсин, спирохеты, грибы, простейшие)
продукты жизнедеятельности микроорганизмов;
растения;
животные.
*Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:*
статические перегрузки;
динамические перегрузки;
умственные перенапряжения;
перенапряжение анализаторов;
монотонность труда;
эмоциональные перегрузки.
Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм человека
В производственных условиях, как правило, действует комплекс вредностей и опасностей.

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия, разрушающиеся конструкции способствуют возникновению механических травм (ушибов, переломов, ран, увечий и т.д.), запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, повышенных уровней шума, статического электричества, напряжения зрительных анализаторов, статических перегрузок, монотонности труда и т.д. Все опасности в комплексе усиливают воздействие на организм человека в процессе труда.

*Запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны.* Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества, классификация и общие требования безопасности»). В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и производственную пыль.

Действие вредных химических веществ на организм человека обусловлено их физико-химическими свойствами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 группа химически опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на следующие подгруппы:

обще токсические; раздражающие; сенсибилизирующие; канцерогенные; мутагенные; влияющие на репродуктивную функцию.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса (ГОСТ 12.1.007-76).

**1 класс** – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец).

**2 класс** – вещества высоко опасные (оксиды азота, бензол, йод, марганец, медь, сероводород).

**3 класс** – вещества умеренно опасные (ацетон, ксилол, сернистый ангидрид, метиловый спирт).

**4 класс** – вещества малоопасные (аммиак, бензин, скипидар).

Производственная пыль является очень распространённым опасным и вредным производственным фактором. Пыль может оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. Поражающие действия пыли во многом определены её дисперсностью (размером частиц пыли). Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли с размером частиц до 5мкм.

Степень опасности пыли зависит также от формы частиц, их твердости, волокнистости, электрозаряженности. Вредность производственной пыли обуславливает её способность вызывать профессиональные заболевания легких (пневмокониозы), пылевые бронхиты, пневмонии, астматические риниты, бронхиальную астму. Аэрозоли металлов, пыль ядохимикатов может привести к хроническим и острым отравлениям.

*Параметры микроклимата.* Трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, которые определяются сочетаниями температуры воздуха, скорости его движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучениям от нагретых поверхностей. Эти показатели в совокупности (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. При благоприятных сочетаниях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием производительности труда и предупреждением заболеваний.

Параметры микроклимата могут изменяться в очень широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является сохранения постоянства температуры тела. При отклонении метеорологических параметров от оптимальных в организме человека для поддержания постоянства температуры тела начинают происходить процессы, направленные на регулирование теплопродукции и теплоотдачи. Эта способность организма человека сохранять постоянство температуры тела получила название терморегуляции.

При температуре воздуха более чем $30^{O}$С и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву. При этом наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение восприятия (окраска всего в красный или зелёный цвет), тошнота, рвота, повышается температура тела. Дыхание и пульс учащаются,

артериальное давление вначале возрастает, затем падает. В тяжелых случаях наступает тепловой удар, возможна судорожная болезнь, характеризующаяся слабостью, головной болью, резкими судорогами, преимущественно в коленях.

Длительное и сильное воздействие низких температур может вызвать различные неблагоприятные изменения в организме человека. Местное и общее охлаждение организма является причиной таких заболеваний, как миозиты, невриты, радикулиты, простудные заболевания.

Физиологически оптимальной является влажность воздуха 40-60%. Повышенная относительная влажность воздуха (более 75-85%) в сочетании с низкими температурами оказывает значительное охлаждающее действие, а в сочетании с высокими – способствует перегреванию организма. Относительная влажность менее 25% приводит к высыханию слизистых оболочек и снижении защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости 0,1 м/с. Большая скорость воздуха в сочетании с низкими температурами ведет к охлаждению организма.

Тепловое воздействие облучения на организм человека зависит от длины волны, интенсивности потока излучения, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, виды одежды человека. Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи, которые плохо задерживаются кожей и глубоко проникают в биологические ткани, вызывая повышение их температуры.

*Ионизирующие излучения.* Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Ионизирующее излучение вызывает поломку хромосом, что приводит к изменению генного аппарата и образованию дочерних клеток, неодинаковых с исходными, что ведёт к мутациям, которые могут проявляться на последующих поколениях. При ионизирующих излучениях происходит локальное повреждение кожи (лучевой ожог), возникает катаракта глаз (потемнение хрусталика), повреждение половых органов (кратковременная или постоянная стерилизация). Воздействие ионизирующего излучения может привести к лучевой болезни, представляющей собой комплекс стойких изменений в центральной нервной системе, крови, кроветворных органах, кровеносных сосудах, железах внутренней секреции.

*Электромагнитные поля.* Электромагнитное поле (ЭМП) обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

Основной характеристикой постоянного магнитного (магнитостатического) поля (ПМП) является напряженность магнитного поля, определяемая по силе, действующей в поле на проводник с током, единицей является ампер на метр (А/м).

Основной характеристикой постоянного электрического (электростатического) поля (ЭСП) является его напряженность, определяемая по силе, действующей в поле на электрический заряд, выражается в вольтах на метр (В/м).

Переменное электромагнитное поле представляет собой совокупность магнитного и электрического полей и распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (зону индукции), промежуточную (зону интерференции) и дальнюю (волновую или зону излучения). Дальняя зона начинается с расстояния от излучателя, равного примерно 6 длинам волн. Между ними располагается промежуточная зона.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот. Интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное или модулированное), режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Длительное воздействие электрического поля (ЭП) низкой частоты вызывает функциональные нарушения центральной нервной и сердечно-сосудистой систем человека, а также некоторые изменения в составе крови, особенно выраженные при высокой напряженности ЭП.

Биологическое действие электромагнитных полей (ЭМП) более высоких частот связывают в основном с их тепловым и аритмическим эффектом. Тепловое действие может привести к повышению температуры тела и местному избирательному нагреву тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую. Биологическая активность ЭМП увеличивается с возрастанием частоты колебаний и является наибольшей в области СВЧ. Облучение ЭМП большой интенсивности может привести к разрушительным изменениям в тканях и органах. Тяжелые поражения возникают только в аварийных случаях и встречаются крайне редко. Длительное хроническое воздействие ЭМП небольшой интенсивности (не вызывающих теплового эффекта) приводит к различным нервным и сердечно-сосудистым расстройствам (головной боли, утомляемости, нарушению сна, боли в области сердца и т.п.). Возможны нарушения со стороны эндокринной системы и изменение состава крови. На ранних стадиях нарушения в состоянии здоровья носят обратимый характер.

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования электромагнитных излучений положены разные принципы. Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля.

*Лазерное излучение.* Основной особенностью лазерного излучения является его острая направленность (малая расходимость пучка излучения). Воздействие лазерного излучения на организм человека носит сложный характер:

термическое вызывает ожог, некроз тканей человека, нагрев, плазмо- и парообразование тканей, и, как следствие, их механическое разрушение.

нетермическое действие вызывает облучение организма электромагнитной энергии, облучение глаз человека, возможность поражения электрическим током, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышение уровней шума и вибрации при работе лазера.

*Ультрафиолетовое излучение.* Длительное воздействие УФИ на человека может привести к серьезным положениям глаз и кожи. Острые поражения обычно проявляются в виде кератитов (воспаленная роговица) и помутнение хрусталика. Длительное воздействие УФИ на кожу человека может привести к раку кожи.

*Производственный шум.* Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой орган человека. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

При очень большом звуком давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Наиболее неблагоприятными для органа слуха является высокочастотный шум (1000...4000 Гц).

Кроме непосредственного воздействия на орган слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это так называемое неспецифическое воздействие шума может возникнуть даже раньше, чем изменения в органе слуха. характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т.п.

Многочисленными исследованиями установлено, что шум является биологическим раздражителем. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, при очень большом звуковом давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это воздействие может возникнуть раньше, чем изменение в органе слуха. Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека и вестибулярном аппарате, нарушаются функции желудочно-кишечного тракта, повышается внутричерепное давление. Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

*Производственная вибрация.* В производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к нарушениям деятельности нервной системы, сердечно-сосудистой системы, вестибулярного аппарата, нарушению обмена веществ и, в конечном счете, – к «вибрационной болезни».

При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают сосудистые растройства, спазм периферических сосудов. Локальная вибрация, имеющая широкий частотный спектр, часто с наличием узоров (клепка, бурение, срубка) вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений.

*Ультразвук.* Наиболее опасным является контактное воздействие ультразвука, которое возникает при удержании инструмента во время пайки, лужения. Воздействие ультразвука может привести к поражению периферической нервной и сосудистой систем человека в местах контакта (вегетативные полиневриты, мышечная слабость пальцев, кистей и предплечья).

*Инфразвук.* Инфразвук оказывает неблагоприятное воздействие весь организм человека, в том числе и на орган слуха, понижая слуховую чувствительность на всех частотах. Инфразвуковые колебания воспринимаются как физическая нагрузка: возникает утомление, головная боль, головокружение, вестибулярные нарушения, снижается острота зрения и слуха, нарушается периферическое кровообращение, появляется чувство страха. Особенно неблагоприятные последствия вызывают инфразвуковые колебания с частотой 2…15 Гц в связи с возникновением резонансных явлений в организме человека, причем наиболее опасна частота 7 Гц, т.к. колебания с такой частотой совпадают с альфа-ритмом биотоков мозга.

*Повышенные уровни напряжения в электрической цепи.* Электрические установки, с которыми приходится иметь дело работающим на производстве, представляет для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложение крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон) воздействий. Наиболее сложным является биологическое действие, свойственное только живым организмам.

Алгоритм выполнения практического задания

1. Изучить теоретический материал и нормативно-правовую базу.
2. Согласно профилю специальности обучающегося выбрать произвольно три варианта наименования рабочих мест из предложенных.
3. В соответствии с ГОСТ 12.0.003 — 2015 провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на выбранных для анализа рабочих местах.
4. Выявить оборудование (материалы, инструменты и т.п.), которые являются непосредственными источниками идентифицированных факторов.
5. По результатам проведенного анализа на каждое рабочее место выбранных профессий заполняются столбцы таблицы с указанием идентифицированных производственных факторов и оборудования (материалов, изделий, инструментов), при работе с которыми они встречаются.
6. Оформить отчет о практической работе в соответствии с требованиями к оформлению практических работ и защитить ее у преподавателя.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2
## «Идентификация опасных и вредных производственных факторов»

Цель занятия: Получить практические навыки определения опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте.

Безопасность условий труда на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ (ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»). При этом учитываются источники механических травм; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; определяются условия микроклимата в помещениях; оценивается освещенность в помещениях и на конкретном рабочем месте; определяется возможность получения электротравм; исследуется токсичность применяемых веществ; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта; определяется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также сосудов, находящихся под давлением.

*Идентификация опасных и вредных производственных факторов* - это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей, вероятности, величины и последствий их появления.

*Опасным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

*Вредным* называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

ГОСТ 12.0.003-2015 подразделяет опасные и вредные производственные факторы по характеру происхождения на следующие группы:

1) факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды (движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части; передвигающиеся изделия, материалы, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная или пониженная температура рабочей зоны; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвуковых колебаний; повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение; повышенные или пониженные влажность, подвижность, ионизация воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений; повышенные значения напряжения в электрической цепи; повышенные уровни статического электричества, электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического и магнитного полей; отсутствие и недостаток освещения; расположение рабочего места на значительной высоте относительно пола (земли); невесомость и т.д.);

2) факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов.

Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами, представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования (кислоты, щелочи)

Химические вещества могут находиться в твердом, пастообразном, порошкообразном, жидком, парообразном, газообразном, аэрозольном состояниях, в том числе наноразмеров.

По составу химические вещества подразделяют на индивидуальные вещества и смеси.

3) факторы, порождаемые биологическими свойствами микроорганизмов, находящихся в биообъектах и (или) загрязняющих материальные объекты производственной среды (патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы), продукты жизнедеятельности микроорганизмов; растения; животные);

4) факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (физические и нервно-психические перегрузки);

Физические перегрузки подразделяются на статические и динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на: умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

5) факторы, порождаемые поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ (укусы, ужаливания, выброс ядовитых или иных защитных веществ и т.п.);

6) факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.).

В производственных условиях, как правило, действует комплекс вредностей и опасностей.

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия, разрушающиеся конструкции способствуют возникновению механических травм (ушибов, переломов, ран, увечий и т.д.), запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, повышенных уровней шума, статического электричества, напряжения зрительных анализаторов, статических перегрузок, монотонности труда и т.д. Все опасности в комплексе усиливают воздействие на организм человека в процессе труда.

Порядок выполнения практического задания

1 Изучить теоретический материал.

2 Из таблицы 1 выбрать вариант задания.

3 В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на рабочих местах.

4. Выявить оборудование (материалы, инструменты и т.п.), которые являются непосредственными источниками идентифицированных факторов

По результатам проведенного анализа на каждое рабочее место выбранных профессий заполняются столбцы таблицы 2 с указанием идентифицированных производственных факторов и оборудования (материалов, изделий, инструментов), при работе с которыми они встречаются.

Таблица 1. Варианты заданий

| № | Профессии | Перечень оборудования |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1 | Стекольщик | Стекла, зеркала, стеклорезы, зажимы, различные присоски, шаблоны для фигурной резки |
| 2 | Библиотекарь | ПЭВМ, книги |
| 3 | Плотник | Верстак, топор, молоток, гвоздодер, долото, отвертка, клещи, гаечный ключ, измерительный инструмент, ножовка, рубанок, стамеска, нож |
| 4 | Кухонный рабочий | Посудомоечная машина, посуда |
| 5 | Дворник | Хозяйственный инвентарь |
| 6 | Сборщик радиодеталей | Конденсаторы, плавкие предохранители, резисторы, сборочный и измерительный инструмент |
| 7 | Электромеханик по испытанию и ремонту электро-оборудования | Электроагрегаты и их узлы, электроизмерительные приборы, паяльный инструмент |
| 8 | Воспитатель | ПЭВМ, принтер |
| 9 | Кладовщик продуктового магазина | ряды стеллажей и холодильные установки, весы |
| 10 | Садовник (уборщик территории) | Ручной инструмент; Газонокосилка бензиновая; кусторез; бензопила; снегоуборочная машина |
| 11 | Дорожный рабочий | Щебень, гравий, маячные рейки, шаблоны, барьерное и тросовое ограждение, пистолет-распылитель |
| 12 | Сварщик | Электросварочные машины и аппараты для дуговой сварки, горелки для сварки |
| 13 | Грузчик | Гидравлическая тележка |

| | | |
|---|---|---|
| 14 | Лифтер | Лифт |
| 15 | Сборщик ртути | Ртуть, шлаки, баллоны, вакуумные установки, щелочные и водородные холодильники |
| 16 | Сторож | ПЭВМ |
| 17 | Бурильщик эксплуатационного и разведочного бурения скважин на нефть и газ | Насосно-компрессорные трубы, буровые установки, бурильные и обсадные трубы, химические реагенты |
| 18 | Врач-стоматолог | Стоматологическая установка; лампа фотополимеризационная; облучатель; стерилизатор |
| 19 | Медицинская сестра | Стерилизатор; Установка ультразвуковая, облучатель |
| 20 | Машинист экскаватора | Одноковшовые экскаваторы, роторные экскаваторы, механическое, гидравлическое и электрическое оборудование |

Таблица 2

| Рабочее место | Группа ОПВФ по ГОСТ | Индентифицированные опвф | Источник ОПВФ (оборудование, материалы) |
|---|---|---|---|
| | физические | | |
| | химические | | |
| | биологические | | |
| | психофизиологические | | |

Контрольные опросы:

1. Что такое опасный производственный фактор?
2. Что такое вредный производственный фактор?
3. Как происходит идентификация опасных и вредных производственных факторов?
4. Как подразделяются опасные и вредные производственные факторы по характеру происхождения?
5. Документ, в котором прописана классификация опасных и вредных производственных факторов.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ТЕМА: Снижение уровня шума с помощью различных технических методов

Шумом называют любой нежелательный звук или сочетание звуков, вызывающих неприятные ощущения у человека.

С физической точки зрения звук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды.

Для защиты от акустических колебаний (шума, инфра- и ультразвука) можно использовать следующие методы:

- снижение звуковой мощности источника звука;
- размещение рабочих мест с учетом направленности излучения звуковой энергии;
- удаление рабочих мест от источника звука;
- акустическая обработка помещений;
- звукоизоляция;
- применение глушителей;
- применение средств индивидуальной защиты.

*Снижение звуковой мощности источника звука.* Снижения шума механизмов и машин достигается изменением технологического процесса (например, замена клепки сваркой).

Аэродинамический шум, вызываемый движением потоков воздуха и газа и обтеканием им элементов механизмов и машин, — наиболее мощный источник шума, снижение которого в источнике наиболее сложно. Для уменьшения интенсивности генерации шума улучшают аэродинамическую форму элементов машин, обтекаемых газовым потоком, и снижают скорость движения газа.

*Изменение направленности излучения шума*. При размещении установок с

направленным излучением необходима соответствующая ориентация этих установок по отношению к рабочим и населенным местам, поскольку величина направленности может достигать 10...15 дБ. Например, отверстие воздухозаборной шахты вентиляционной установки или устье трубы сброса сжатого газа необходимо располагать так, чтобы максимум излучаемого шума был направлен в противоположную сторону от рабочего места.

*Удаление рабочих мест от источника звука.* Увеличение расстояния от источника звука в 2 раза приводит к уменьшению уровня звука на 6 дБ.

*Акустическая обработка помещения* — это мероприятие, снижающее интенсивность отраженного от поверхностей помещения (стен, потолка, пола) звука. Для этого применяют звукопоглощающие облицовки поверхностей помещения (рисунок 1.1, *а)* и штучные (объемные) поглотители различных конструкций (рисунок 1.1, б), подвешиваемые к потолку помещения. Поглощение звука происходит путем перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или поглотителя. Для большей эффективности звукопоглощения пористый материал должен иметь открытые со стороны падения звука незамкнутые поры.

Звукопоглощающие материалы характеризуются *коэффициентом звукопоглощения* $\alpha$, равным отношению звуковой энергии, поглощенной материалом, и энергии, падающей на него. Звукопоглощающие материалы должны иметь коэффициент звукопоглощения не менее 0,3. Чем это значение выше, тем лучше звукопоглощающий материал. Звукопоглощающие свойства пористых материалов определяются толщиной слоя, частотой звука, наличием воздушной прослойки между материалом и поверхностью помещения.

Штучные звукопоглотители применяют при недостаточности свободных поверхностей помещения для закрепления звукопоглощающих облицовок. Поглотители различных конструкций, представляющие собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом (тонкими волокнами), подвешивают к потолку равномерно по площади.

*Звукоизоляция.* При недостаточности указанных выше мероприятий для снижения уровня шума до допустимых значений или невозможности их осуществления применяют звукоизоляцию. Снижение шума достигается за счет уменьшения интенсивности прямого звука путем установки ограждений, кабин, кожухов, экранов (рисунок 1.2). Сущность звукоизоляции состоит в том, что падающая на ограждение энергия звуковой волны отражается в значительно большей степени, чем проходит через него.

Перегородки выполняют из бетона, кирпича, дерева и т. п. Наиболее шумные механизмы и машины закрывают кожухами, изготовленными из конструкционных материалов — стали, сплавов алюминия, пластмасс и др., и облицовывают изнутри звукопоглощающим материалом.

*Экранирование* источников шума или рабочих мест. Защитные свойства экрана возникают из-за того, что при огибании прямой звуковой волной кромок экрана за ним образуется зона звуковой тени тем большей протяженности, чем меньше длина волны (выше частота звука). Так как экран защищает только от прямой звуковой волны, его применение эффективно только в области превалирования прямого шума над отраженным. Поэтому экраны надо устанавливать между источником шума и рабочим местом, если они расположены недалеко друг от друга.

*Глушители* применяют для снижения аэродинамического шума. Глушители шума принято делить на абсорбционные, использующие облицовку поверхностей воздуховодов звукопоглощающим материалом; реактивные - типа расширительных камер, резонаторов,

узких отростков, длина которых равна ¼ длины волны заглушаемого звука; комбинированные, в которых поверхности реактивных глушителей облицовывают звукопоглощающим материалом; экранные.

При наличии нескольких источников суммарный уровень шума определяется по следующим формулам.

Если источники звука одинаковы, т. е. каждый в отдельности создает на рабочем месте одинаковый уровень шума:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10\lg n, \qquad (1.1)$$

где $L_1$ — уровень шума, создаваемый одним источником, $n$ — число одинаковых источников звука.

Если источники звука различны:

$$L_{\Sigma} = 10\lg\left(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + ... + 10^{0,1L_n}\right), \qquad (1.2)$$

где $L_1$ $L_2$, ..., $L_n$ — уровни шума, создаваемые каждым источником.

Значения $10\lg n$ в зависимости от числа источников шума принимаются в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1

| Число источников шума $n$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | 40 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Величина $10\lg n$ | 0 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 13 | 15 | 16 | 20 |

*Средства индивидуальной защиты*. К СИЗ от шума относят ушные вкладыши, наушники и шлемы.

*Вкладыши* — мягкие тампоны из ультратонкого материала, вставляемые в слуховой канал. Их эффективность не очень высока и в зависимости от частоты шума может составлять 5...15дБ.

*Наушники* плотно облегают ушную раковину и удерживаются на голове дугообразной пружиной. Их эффективность изменяется от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

*Шлемы* применяют при воздействии шумов очень высоких уровней (более 120 дБ). Они закрывают всю голову человека, т. к. при таких уровнях шума он проникает в мозг не только через ухо, но и непосредственно через черепную коробку.

1. Практическая часть.

2.1 Определить уровень шума от источников, если учесть, что они одинаковы (использовать формулу 1.1).

Исходные данные для расчета приводятся в таблице 1.2.

Таблица 1.2

| *Вариант 1* | *Вариант 2* | *Вариант 3* | *Вариант 4* | *Вариант 5* | *Вариант 6* | *Вариант 7* | *Вариант 8* | *Вариант 9* | *Вариант 10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *$L_1$=95; n=3* | *$L_1$=80; n=4* | *$L_1$=90; n=5* | *$L_1$=70; n=6* | *$L_1$=75; n=10* | *$L_1$=80; n=3* | *$L_1$=75; n=20* | *$L_1$=70; n=30* | *$L_1$=65; n=40* | *$L_1$=60; n=100* |

1.2. Снизить уровень шума с помощью средств звукоизоляции.

Для этого необходимо определить звукоизолирующую способность оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения определяется по формуле:

$$R = 20\lg \rho_S f - 9 \qquad (1.3)$$

где $\rho_s$ – поверхностная плотность ограждения, кг/м$^2$;

$f$ – частота колебаний звука, Гц.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

| Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5 | Вариант 6 | Вариант 7 | Вариант 8 | Вариант 9 | Вариант 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\rho_s$=470 кг/м$^2$; f=500 Гц | $\rho_s$=175 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=950 кг/м$^2$; f=250 Гц | $\rho_s$=500 кг/м$^2$; f=1000 Гц | $\rho_s$=750 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=150 кг/м$^2$; f= 100 Гц | $\rho_s$=250 кг/м$^2$; f=500 Гц | $\rho_s$=100 кг/м$^2$; f=250 Гц | $\rho_s$=600 кг/м$^2$; f=125 Гц | $\rho_s$=650 кг/м$^2$; f=500 Гц |

2.3 Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения считается достаточной, если R≥80 дБ.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №1.
2. Выполнить расчет звукоизолирующей способности оградительной стены.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ существующих методов защиты от шума.
2. Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под шумом?
2. Какие методы применяются для защиты от шума?
3. Что представляет собой каждый из этих методов?
4. Что называется коэффициентом звукопоглощения?
5. Как определяется суммарный уровень звукового давления?
6. Что относится к СИЗ от шума?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие шум.
2. Гигиеническое нормирование акустических колебаний.

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

ТЕМА: Снижение вибрации с помощью различных технических методов и средств защиты

Теоретическая часть

*Вибрация* представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Принято различать общую и локальную вибрацию.

Методы и средства виброзащиты подразделяются на коллективные и индивидуальные.

Наиболее эффективными являются средства коллективной защиты. Виброзащита осуществляется следующими основными методами:

- ♦ снижением виброактивности источника вибрации;
- ♦ применением вибродемпфирующих (вибропоглощающих) покрытий, приводящих к

снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции за счет рассеяния энергии механических колебаний;

- ♦ виброизоляцией, когда между источником и защищаемым объектом размещается дополнительное устройство, так называемый виброизолятор;
- ♦ динамическим гашением вибрации, при котором к защищаемому объекту присоединяется дополнительная механическая система, изменяющая характер его колебаний;
- ♦ активным гашением вибрации, когда для виброзащиты используется дополнительный источник вибрации, который в сравнении с основным источником генерирует колебания той же амплитуды, но противоположной фазы.

К средствам индивидуальной защиты относятся виброзащитные подставки, сиденья, рукоятки, рукавицы, обувь.

*Снижение виброактивности конкретного источника вибрации* зависит от особенностей его работы. Общим подходом к решению этой задачи является уменьшение энергии возмущающих сил за счет уменьшения частоты вращения или размеров вращающихся масс и соответственно линейных скоростей или перераспределение этой энергии во времени, сделав, например, более плавным процесс сгорания топлива в энергетической установке.

К эффективным средствам снижения виброактивности источника относится также замена металлических деталей на пластмассовые (из капрона, текстолита и т. п.), обладающие большим внутренним трением.

Важную роль в снижении виброактивности имеет балансировка вращающихся частей машин, которую осуществляют на специальных станках.

При *вибродемпфировании* снижение вибрации происходит за счет рассеяния энергии механических колебаний в результате преобразования ее в тепловую при возникающих в материале конструкции деформациях. В результате амплитуда упругих волн, распространяющихся по конструкциям, уменьшается по мере удаления от источника.

Применяются следующие методы демпфирования конструкций:

- ♦ изготовление деталей из материалов, обладающих большим коэффициентом потерь: чугун, сплавы меди и марганца, некоторые виды пластмасс (например, сплавы меди имеют коэффициент потерь, равный 0,2, а текстолит — 0,4);
- ♦ нанесение на детали конструкции вибродемпфирующих покрытий;
- ♦ использование вибродемпфирующих засыпок из сухого песка, чугунной дроби, а также жидкостных прослоек.

*Виброгашение* осуществляют путем установки агрегатов на массивный фундамент. Этот способ нашел широкое применение при установке тяжелого оборудования (молотов, прессов, вентиляторов, насосов и т. п.).

Одним из способов подавления вибраций является установка динамических виброгасителей, представляющих собой дополнительную колебательную систему.

Динамический виброгаситель крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата. Недостатком динамического виброгасителя является то, что он подавляет колебания только определенной частоты, соответствующей его собственной.

*Виброизоляция* — это уменьшение передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. В качестве таких устройств могут быть: виброизоляторы (пружинные, резиновые, комбинированные и др.); гибкие вставки в коммуникациях воздуховодов и в местах их прохождения через строительные конструкции; «плавающие» полы (настил пола отделяется от перекрытия упругими прокладками) и др.

Средства коллективной зашиты (СКЗ) располагаются между источником вибрации и

оператором. К СКЗ оператора относятся подставки, сидения, кабины, рукоятки.

К средствам индивидуальной защиты от вибраций относятся также СИЗ для рук и ног. В качестве СИЗ для рук применяются *рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки.*

*Виброзащитные рукавицы* отличаются от обычных рукавиц тем, что на их ладонной части или в накладке закреплен упругодемпфирующий элемент, который выполняется из поролона или губчатой резины.

*Виброзащитная обувь* изготавливается в виде сапог, полусапог и полуботинок с упругодемпфирующим низом обуви и применяется в условиях общей вибрации.

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с ручными машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15—20 мин.

1. Практическая часть

Произведем расчет эффективности виброизоляции, согласно исходным данным в таблице 2.1.

Таблица 2.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | n=83с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=6 см | Вариант 6 | n=78с$^{-1}$; материал прокладки – плита из пробковой крошки; h=4 см |
| Вариант 2 | n=80с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=5 см | Вариант 7 | n=87с$^{-1}$; материал прокладки – войлок мягкий; h=7 см |
| Вариант 3 | n=90с$^{-1}$; материал прокладки – мягкая резина; h=7 см | Вариант 8 | n=92с$^{-1}$; материал прокладки – войлок жесткий прессованый; h=6 см |
| Вариант 4 | n=96с$^{-1}$; материал прокладки – ребристая резиновая плита с отверстиями; h=8 см | Вариант 9 | n=105с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=5 см |
| Вариант 5 | n=100с$^{-1}$; материал прокладки – пробка натуральная; h=9 см | Вариант 10 | n=96с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=7 см |

Эффективность виброизоляции рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = 20\lg\left[\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1\right], \quad дБ \qquad (2.1)$$

где $f$ – частота вынужденных колебаний;

$f_0$ – собственная частота виброизолированной системы.

$$f_0 = \frac{0{,}5}{\sqrt{x_{CT}}}, \quad \text{Гц} \qquad (2.2)$$

где $x_{CT}$ – статическая осадка виброизоляторов под действием силы тяжести машины.

Допустимая величина статической осадки $x_{CT}$ амортизаторов из упругих прокладок зависит от их материала. Найдем ее из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Допустимая величина статической осадки

| Материалы | $x_{CT}$, см |
|---|---|
| Губчатая резина | 0,01 h |
| Мягкая резина | 0,016 h |
| Ребристая резиновая плита с отверстиями | 0,02 h |
| Резина средней жесткости | 0,015 h |

| | |
|---|---|
| Пробка натуральная | 0,05 h |
| Плита из пробковой крошки | 0,017 h |
| Войлок мягкий | 0,015 h |
| Войлок жесткий прессованный | 0,0155 h |

Частота вынужденных колебаний определяется по формуле:

$$f=n, \qquad (2.3)$$

где $n$ – частота вращения шкива машины, с$^{-1}$.

Если в результате расчета $\left(\frac{f}{f_0}\right)_{TP}$ получается более 4, расчет ведут для этой величины, но в этом случае не обеспечивается требуемое снижение уровня вибрации и необходимо применять другие мероприятия для ее снижения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ виброзащиты и выявить наиболее эффективные средства коллективной защиты от вибрации.

2. Произвести расчет эффективности виброизоляции.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №2.
2. Выполнить расчет эффективности виброизоляции.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под вибрацией?
2. Какие существуют средства коллективной защиты от вибрации?
3. Как осуществляется снижение виброактивности конкретного источника вибрации?
4. Что представляют собой вибродемпфирование?
5. Что такое виброгашение?
6. Что такое виброизоляция?
7. Как определяется эффективность виброизоляции?
8. Что представляет собой схема расчета виброизоляторов?
9. Что относится к средствам коллективной и индивидуальной виброзащиты операторов и что каждый из них представляет собой?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие вибрацию
2. Классификация производственных вибраций

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

ТЕМА: Снижение электромагнитных излучений с помощью различных технических методов защиты

**Цель работы:** освоить методику расчета напряженности электрического поля от высоковольтных линий электропередач.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Теоретическая часть

*Электромагнитная волна* – это колебательный процесс, связанный с изменяющимися в пространстве и во времени взаимосвязанными электрическими и магнитными полями. Область распространения электромагнитных волн называется *электромагнитным полем* (ЭМП.)

Методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей и излучений:

*Уменьшение мощности* излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

*Поглотители мощности.* Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра или проточную воду.

*Увеличение расстояния от источника излучения.* В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших 1/6 длины волны излучения, плотность потока энергии (ППЭ) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей — обратно пропорционально расстоянию. То есть при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза, а напряженности (Е и Н) в 2 раза.

*Уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения.*

Допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты (50 Гц):

$$T_{ДОП} = \frac{50}{E} - 2, \qquad (3.1)$$

где $E$ – напряженность электромагнитного поля.

Однако, если это возможно, целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого, чтобы избежать необоснованного выполнением необходимой работы облучения.

*Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения, блокирование излучения.* Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

*Экранирование излучений.* Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек. Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов.

Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины, иногда со стороны падающей волны выполняют конусообразные выступы.

Наиболее часто в технике защиты от электромагнитных полей применяют металлические сетки. Они легки, прозрачны, поэтому обеспечивают возможность наблюдения за технологическим процессом и излучателем, пропускают воздух, обеспечивая охлаждение оборудования за счет естественной или искусственной вентиляции.

*Средства индивидуальной защиты.* К СИЗ, которые применяют для защиты от электромагнитных излучений, относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. Данные СИЗ используют метод экранирования.

Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана. Шлем и бахилы костюма сделаны из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для облегчения дыхания. Эффективность костюма может достигать 25...30 дБ. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова. В оправе вшита металлическая сетка, и она плотно прилегает к лицу для исключения проникновения излучения сбоку. Эффективность очков оценивается в 25...35 дБ.

2. Практическая часть

Выполним расчет эффективности экранирования электромагнитного излучения.

Эффективность экранов принято оценивать в дБ по формулам:

$$\Delta L = 20\lg\left(E_0 / E\right); \qquad (3.2)$$

$$\Delta L = 20\lg\left(H_0 / H\right); \qquad (3.3)$$

$$\Delta L = 10\lg\left(ППЭ_0 / ППЭ\right), \qquad (3.4)$$

где $E_0$, $H_0$, $ППЭ_0$ — соответственно напряженность электрического, магнитного поля и плотность потока энергии перед экраном; $E$, $H$, $ППЭ$ — те же параметры после экрана.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вариант 1 | $E$=50 В/м, $H$=10 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м$^2$; $E_0$=70 В/м, $H_0$=20А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 6 | $E$=60 В/м, $H$=18 А/м, $ППЭ$=17 Вт/м$^2$; $E_0$=87 В/м, $H_0$=29А/м; $ППЭ_0$=41Вт/м$^2$. |
| Вариант 2 | $E$=55 В/м, $H$=11 А/м, $ППЭ$=14 Вт/м$^2$; $E_0$=80 В/м, $H_0$=25А/м; $ППЭ_0$=40Вт/м$^2$. | Вариант 7 | $E$=65 В/м, $H$=17 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м$^2$; $E_0$=93 В/м, $H_0$=31А/м; $ППЭ_0$=43Вт/м$^2$. |
| Вариант 3 | $E$=60 В/м, $H$=14 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м$^2$; $E_0$=83 В/м, $H_0$=28А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м$^2$. | Вариант 8 | $E$=67 В/м, $H$=9 А/м, $ППЭ$=24 Вт/м$^2$; $E_0$=102 В/м, $H_0$=19А/м; $ППЭ_0$=50Вт/м$^2$. |
| Вариант 4 | $E$=59 В/м, $H$=17 А/м, $ППЭ$=15 Вт/м$^2$; $E_0$=85 В/м, $H_0$=22А/м; $ППЭ_0$=45Вт/м$^2$. | Вариант 9 | $E$=65 В/м, $H$=12 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м$^2$; $E_0$=91 В/м, $H_0$=27А/м; $ППЭ_0$=55Вт/м$^2$. |
| Вариант 5 | $E$=57 В/м, $H$=15 А/м, $ППЭ$=20 Вт/м$^2$; $E_0$=75 В/м, $H_0$=30А/м; $ППЭ_0$=37Вт/м$^2$. | Вариант 10 | $E$=63 В/м, $H$=11 А/м, $ППЭ$=19 Вт/м$^2$; $E_0$=89 В/м, $H_0$=29А/м; $ППЭ_0$=52Вт/м$^2$. |

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №3.
2. Выполнить расчет эффективности экранов.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Выполнить расчет эффективности экранов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под электромагнитным полем?
2. Какие существуют методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей?
3. Как осуществляется каждый из этих методов и средств?
4. Как определяется допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты?
5. Из каких материалов выполняются отражающие и поглощающие экраны?
6. Что относится к СИЗ от электромагнитных излучений?

## ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Классификация электромагнитных полей.
2. Источники электромагнитных полей на производстве.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

ТЕМА: Защита от электромагнитных полей высокочастотных установок для нагрева материалов

**Цель работы:** освоить методику расчета напряженности магнитного поля от нагревательных печей и размеров защитных экранов.

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

Промышленными источниками электромагнитных полей являются высокочастотные установки для нагрева материалов.

Электромагнитное поле обладает энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Скорость распространения колебаний в воздухе $\upsilon$ равна скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны зависит от частоты: $\lambda = \frac{\upsilon}{f}$ (1)

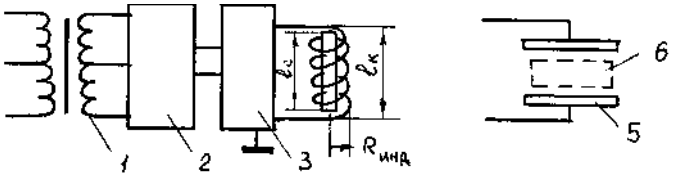
где $\lambda$ - длина волны, м; $\upsilon$ - скорость распространения колебаний, м/с; f - частота колебаний, Гц.

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее 1/6 длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более 1/6 длины волны от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается раздельно напряженностью электрической Е (В/м) и магнитной Н (А/м) составляющих поля.

С увеличением напряженности электромагнитного поля, продолжительности облучения и частоты колебаний воздействие на человека возрастает. При воздействии ЭМП частотой выше 60 кГц наступает нагрев тканей. Облучение особенно вредно для глаз, мозга, половых органов. Облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту).

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными по ГОСТ 12.1.006-84 и если они не соответствуют, то применяются меры защиты.




а) б)

Рис 4.1 Схема генератора для нагрева металла (а) и неметаллич. материалов (б)

*Характеристика источников электромагнитного поля (индукторов и конденсаторов)*

Источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на машиностроительных предприятиях являются плавильно- закалочные и сушильные установки. Для индукционного нагрева металла применяются установки (рисунок 4.1, а), состоящие из трансформатора, выпрямителя, генератора и индуктора. Для нагрева неметаллических материалов (например, древесины) вместо индукционной катушки используется конденсатор (рисунок 1, б). Источниками излучений является индуктор или конденсатор, а также генератор и линия передачи от генератора к индуктору или конденсатору.

Рабочие места по обслуживанию нагревательных установок обычно находятся в ближней зоне воздействия ЭМП, где соотношение напряженностей электрической Е и магнитной составляющей Н зависит от вида источника излучения (конденсатор или индуктор).

Нормирование воздействия ЭМП высокой и ультравысокой частот.

Предельно допустимое значение Е и Н в диапазоне частот 60кГц...300 МГц на рабочих местах персонала следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:
Рис 4.2 – Графики для определения β

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{E_{пд}}}{T}} \qquad H_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{H_{пд}}}{T}} \qquad (3)$$

где $E_{ПД}$ и $H_{ПД}$ –предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, полей

$Э_{Eпд}$ и $Э_{Hпд}$ - предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня $(В/м)^2$ ч и $(А/м)^2$ ч.

*Защита от воздействия электромагнитных полей индуктора и конденсатора*

Для защиты обслуживающего персонала от электромагнитных полей индукторов и конденсаторов их экранируют. Форма экрана должна удовлетворять конструктивным и эксплуатационным требованиям. Экраны применяются сплошные с вентиляционными и смотровыми окнами, а также в форме цилиндра или прямоугольного параллелепипеда.

Практическая часть

*Методика расчета экрана индуктора высокочастотной установки для нагрева металла*

Методика расчета экрана индуктора состоит в следующем. Вначале вычисляется напряженность магнитной составляющей поля Н от индуктора по формуле (2). β определяется по графику. Сравнивается полученное значение Н с допустимым значением $Н_Д$ (формула 3) по ГОСТ 12.1.006-84. ($Эн_{пд}$=200А/м). Определяется требуемая эффективность экранирования: $Э_{тр} = \frac{H}{H_Д}$ (4)

где $Э_{тр}$ - требуемая эффективность экранирования; Н - действующее значение напряженности магнитной составляющей поля, А/м; $Н_Д$ - допустимый уровень напряженности магнитной составляющей поля, А/м.

Проектирование экрана проводится с учетом обеспечения доступа к нагревательной установке, возможности механизации процесса загрузки и т.д., а также с учетом минимальной потери энергии в экране. Радиус цилиндрического замкнутого экрана $R_{экр}$ нагревательной установки для закалки металлов при условии, что потери в нем не превышают 1 % мощности генератора, определяются по формуле:

$$R_{экр} = 0{,}64 R_{инд} \sqrt[3]{\frac{\omega^2 \cdot I^2 \cdot \rho \cdot R_{инд}}{\delta \cdot P \cdot l_k}} \quad (5)$$

где $R_{инд}$ - радиус катушки индуктора, м; ω - число витков катушки: I - сила тока в катушке, А; □ - удельное сопротивление материала экрана (таблица 4.1), Ом · м; δ - глубина проникновения (расстояние, на котором напряженность поля уменьшается в e = 2,73 раза), м; P- мощность генератора, Вт; $l_к$ - длина катушки, м.

Глубина проникновения электрического поля $$\delta = 0{,}52\sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f_m}} \quad (6)$$

где μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (таблица 4.1);

$f_м$ - частота колебаний электромагнитного излучения, МГц.

Таблица 4.1 – Характеристики материалов экранов

| Материал | Удельное сопротивление ρ, Ом · м | Относительная магнитная проницаемость,μ |
|---|---|---|
| Алюминий | $0{,}28 \cdot 10^{-7}$ | 1 |
| Медь | $0{,}17 \cdot 10^{-7}$ | 1 |
| Сталь | $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ | 150 |

Проверяется значение $R_{экр}$ по условию, что расстояние между витками индуктора и стенками цилиндра должна быть не менее радиуса индуктора, то есть

$$R_{экр} \geq 2R_{инд} , \quad (7)$$

где $R_{инд}$ - радиус витков индуктора (рисунок 4.3), м.

Если условие не выполняется, то принимаем $R_{экр} = 2R_{инд}$ ,

Высота экрана определяется из формулы эффективности экранирования:

$Э_{экр} = \exp(3{,}6 \cdot l_{экр}/D_{экр})$, (8)

только в место $Э_{экр}$ подставляется $Э_{тр}$

$$l_{экр} = (D_{экр}/3{,}6) \cdot \ln Э_{ТР} \quad (9)$$

где $Э_{экр}$ - эффективность экранирования, т.е. величина, показывающая во сколько раз напряженность поля в данном месте уменьшилась в результате экранирования;

$l_{экр}$ - расстояние по оси индуктора от его крайних витков до краев цилиндра экрана, м;

$D_{экр}$ - диаметр цилиндра экрана, м.

Общая длина экрана l определяется по формуле: $l = l_к + 2 \cdot l_{экр}$ (10)

Если в результате расчета стального экрана его габариты получаются большими, то целесообразно применить алюминий или медь.

На эффективность экрана не влияет его толщина, т.к. для экранирования достаточно очень тонкого слоя металла. Поэтому толщина экрана принимается из условия прочности равной 0,8...2 мм.

В результате расчета размеров экрана его эффективность должна быть больше требуемого значения, т.е. $Э_{экр} \geq Э_{тр}$. (11)

**Задание.** Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи. Параметры индуктора и расстояние до рабочего места даны в таблице. В задаче приняты следующие обозначения:

Rинд - радиус катушки индуктора печи, м; lк - длина катушки индуктора, м;

P - мощность плавильной печи, кВт; ω - число витков катушки индуктора;

I - сила тока в катушке, А; f - частота тока, кГц; r - расстояние от оси катушки до рабочего места, м.

Таблица – Исходные данные для задачи.

| Вари-ант | Параметры индуктора плавильной печи | | | | | | Расстояние до рабочего места r, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_{инд}$, м | $l_к$, м | ω | I, A | f, кГц | P, кВт | |
| 1 | 0,1 | 0,15 | 20 | 150 | 150 | 60 | 0,6 |
| 2 | 0,2 | 0,3 | 40 | 200 | 100 | 60 | 1,3 |
| 3 | 0,3 | 0,4 | 60 | 300 | 60 | 100 | 2,0 |
| 4 | 0,2 | 0,4 | 50 | 300 | 150 | 70 | 1,5 |
| 5 | 0,1 | 0,3 | 25 | 250 | 70 | 60 | 0,8 |
| 6 | 0,1 | 0,2 | 20 | 150 | 200 | 40 | 0,8 |
| 7 | 0,2 | 0,2 | 25 | 100 | 400 | 60 | 0,6 |
| 8 | 0,2 | 0,4 | 30 | 250 | 30 | 70 | 1,5 |
| 9 | 0,3 | 0,3 | 50 | 350 | 350 | 100 | 2,0 |
| 0 | 0,2 | 0,3 | 45 | 200 | 50 | 60 | 1,3 |

**Порядок выполнения работы** 1 Ознакомиться с методикой расчета напряженности магнитного поля H от катушки индуктора, нормированием H по ГОСТ 12.1.006-84.

2 Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи.

**Оформление отчета** Отчет должен содержать: название, цель работы, расчет экрана высокочастотной плавильной печи (формулы должны быть написаны с наименованием всех параметров и единиц измерения); выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое вредное воздействие оказывает на организм человека электромагнитное поле от индукционных катушек и рабочих конденсаторов, применяемых для нагрева материалов? Какие применяются меры защиты от воздействия ЭМП?
2. Как определяются ближняя и дальняя зоны распространения электромагнитного поля? Как рассчитать длину волны электромагнитного излучения при известной частоте колебаний? Как оценивается воздействие в ближней и дальней зоне ЭМП?
3. В чем заключается методика расчета экранирующих устройств? Какой порядок расчета?
4. Объясните формулу расчета требуемой эффективности экранирования ЭМП высоких частот?
5. Что является источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на машиностроительных предприятиях?
6. Какие установки применяются для индукционного нагрева металла и неметаллических материалов, из чего они состоят?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ТЕМА: Анализ средств защиты от опасности механического травмирования

Под механическим травмированием человека понимают повреждения кожных покровов, мышц, костей, сухожилий, позвоночника, глаз, головы и других частей тела. Причиной такого рода травм являются прежде всего шероховатость поверхности, острые кромки и грани инструмента и оборудования, движущиеся механизмы и машины, незащищенные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, материалы, заготовки, разрушающиеся конструкции. Механические травмы могут быть следствием падения с высоты. Возможны травмы глаз твердыми частицами, образующимися при обработке материалов.

Все источники механического травмирования можно разделить на *реально* и *потенциально опасные*.

К первым можно отнести: шероховатости поверхности, заусенцы, острые кромки и выступы на различных частях оборудования и подвижные заготовки при работах на металлообрабатывающих станках, движущиеся грузоподъемные машины и средства транспорта.

Ко вторым: сосуды, работающие под давлением, разрушение (взрыв) которых может произойти при нарушении Правил их эксплуатации, штабели материалов, заготовок, готовых изделий, которые при неправильной их укладке могут обрушаться, площадки обслуживания оборудования на высоте, лестницы при несоответствии их требованиям безопасности и т. д.

Защита от травмирования достигается применением технических средств, исключающих или уменьшающих воздействие на работающих травмоопасных производственных факторов. Они могут быть коллективными и индивидуальными. Первые обеспечивают защиту любого работника, обслуживающего травмоопасное оборудование с указанными средствами защиты. Вторые - только тех, кто их использует.

*Средства коллективной защиты от механического травмирования* стандартизованы ГОСТ 12.4.125-83 и включают целый ряд подвидов (рисунок 4.1).

Защитные устройства должны удовлетворять следующим общим требованиям:

- предотвращать контакт рук и других частей тела человека, его одежды и других предметов с опасными движущимися частями машины, не позволять человеку-оператору машины или другому рабочему приблизить руки и другие части тела к опасным движущимся частям;
- должны быть изготовлены из прочных материалов, выдерживающих условия нормальной эксплуатации, и надежно прикрепляться к машине;
- не создавать иных опасностей, не иметь режущую кромку, заусенец или шероховатости поверхности;
- не мешать выполнению работ.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

Рисунок 4.1 – Средства коллективной защиты от механического травмирования

*Оградительные средства защиты* наиболее распространены в промышленности. Они препятствуют попаданию человека в опасную зону. Все открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, расположенные на высоте до 2500 мм от уровня пола, если они являются источниками опасности, должны быть закрыты сплошным или сетчатым ограждением. Ограждения могут быть полными, закрывающими травмоопасный агрегат в целом, и частичными, исключающими доступ к наиболее опасным частям оборудования. Полные ограждения изготавливаются обычно из металла и выполняют одновременно функции звукоизолирующего ограждения.

Чаще всего конструкция ограждения представляет собой кожух. В корпусах машин и механизмов, а также станков они могут выполняться в виде дверцы, перекрывающей доступ к редукторам, коробкам скоростей и другим элементам привода.

Ограждения в виде щитов (в том числе сетчатых) широко используются в роботизированном производстве.

Переносные щиты устанавливают при проведении ремонтных и наладочных работ для исключения попадания в зону их проведения посторонних лиц, например, при сварочных работах, работах в колодцах подземных коммуникаций, при ремонте электроустановок в цехах.

На металлорежущих станках ограждения, как правило, выполняются в виде защитных экранов, которые для удобства обслуживания могут выполняться откидными.

В качестве материала для изготовления экранов используются металлы и пластики. Экраны удобно выполнять также из прозрачных материалов (безосколочное стекло, пластмасса, триплекс). Защитные экраны не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства при работе, уборке, наладке, а также приводить к загрязнению пола смазочно-охлаждающей жидкостью. При необходимости защитные экраны следует снабжать рукоятками, скобами для удобства перемещения и установки.

*Предохранительные устройства* могут быть двух типов: ограничительные и блокировочные. Ограничительные срабатывают при превышении какого-либо параметра, характеризующего работу системы механизма или машин. Например, срезные штифты и шпонки срабатывают при превышении допустимого крутящего момента, предохранительные клапана — рабочего давления, упоры - при выходе элементов за допустимые пределы в пространстве. Таким образом, исключаются аварийные режимы работы оборудования, а следовательно, его возможные поломки и аварии; а в конечном итоге — травмы. Различают предохранительные оградительные устройства с автоматическим восстановлением кинематической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму, и устройства, которые после срабатывания требуют остановки оборудования для их замены. Примером первых являются предохранительные клапаны, фрикционные муфты, регуляторы давления, вторых — предохранители электроустановок, разрывные мембраны систем, работающих под давлением.

*Блокировочные устройства* исключают возможность проникновения человека в опасную зону либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне. Блокировка бывает механическая, электрическая и комбинированная.

*Тормозные устройства* подразделяют:

- по конструктивному исполнению — на колодочные, дисковые, конические и клиновые;
- по способу срабатывания — на ручные, автоматические и полуавтоматические;
- по принципу действия — на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- по назначению - на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Тормоза играют важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации, ремонта и обслуживания технологического оборудования, позволяя быстро останавливать валы и прочие элементы, являющиеся потенциальными источниками опасности. Кроме того, они служат для остановки либо торможения груза в подъемно-транспортных машинах.

*Устройства автоматического контроля и сигнализации.* Наличие контрольно-измерительных приборов — одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давлений, температур, статических и динамических нагрузок, и других параметров, превышение допустимых значений которых может привести к аварии, а следовательно, и к травматизму. Эффективность использования этих приборов повышается при объединении их с системами сигнализации.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют:

- по назначению — на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные;
- по способу срабатывания — на автоматические и полуавтоматические;
- по характеру сигнала — на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;
- по характеру подачи сигналами — на постоянные и пульсирующие.

Информационная сигнализация применяется при проведении разнообразных технологических процессов, на испытательных стендах, а также для согласования действий работающих, в частности, крановщиков и стропальщиков. При монтажных операциях зеленые сигнальные лампы должны включаться на временно не работающем оборудовании. Подобная сигнализация применяется в шумных производствах,

где нарушена речевая связь. В поточных и автоматизированных линиях красные сигнальные лампы устанавливают на машинах и установках, которые не контролируются обслуживающим персоналом.

Устройства предупреждающей сигнализации предназначены для предупреждения о возникновении опасности. Чаше всего в них используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень опасных и вредных факторов. Для звуковой сигнализации применяют сирены или звонки.

К предупреждающей сигнализации относятся указатели и плакаты «Не включать — работают люди», «Не входить», «Не открывать — высокое напряжение» и др. Для дверей и световых табло, эвакуационных и запасных выходов следует применять зеленый сигнальный цвет (надпись белого цвета). Очень широко в промышленности используются сигнальные цвета (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

| **Сигнальный** | **Смысловое значение** | **Область применения** | **Контрастный цвет** |
|---|---|---|---|
| Красный | Непосредственная опасность. Аварийная или опасная ситуация. Пожарная техника, | Запрещение опасного поведения или действия. Обозначение непосредственной опасности. Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса). | Белый |
| Желтый | Возможная опасность | Обозначение возможной опасности, опасной ситуации. Предупреждение, предостережение о возможной | Черный |
| Зеленый | Безопасность, безопасные условия. Помощь, спасение | Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса. Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, | Белый |
| Синий | Предписание во избежание опасности | Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности. Разрешение определенных действий | |

*Знаки безопасности* стандартизированы ГОСТ Р 12.4.026—01. Они различаются между собой формой и цветом. Геометрическая форма, сигнальный цвет и смысловое значение основных знаков безопасности приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Смысловое значение основных знаков безопасности

| **Группа** | **Геометрическая форма** | **Сигнальный цвет** | **Смысловое значение** |
|---|---|---|---|
| Запрещающие знаки | Круг с поперечной полосой | Красный | Запрещение опасного поведения или действия |
| Предупреждающие знаки | Треугольник | Желтый | Предупреждение о возможной опасности. |
| Предписывающие знаки | Круг | Синий | Предписание обязательных действий во избежание опасности |
| Знаки пожарной безопасности* | Квадрат или прямоугольник | Красный | Обозначение и указание мест нахождения средств противопожарной защиты, их элементов |
| Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения | Квадрат или прямоугольник | Зеленый | Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация |
| Указательные знаки | Квадрат или прямоугольник | Синий | Разрешение. Указание. Надпись или информация |

* Знаки пожарной безопасности связаны с проблемой механического травмирования опосредовано (паника в условиях пожара, как правило, приводит к падениям и травмам).

*Средства индивидуальной защиты от механического травмирования* делятся на несколько групп. Специальная одежда, специальная обувь и средства защиты рук в свою очередь включают в себя большое число подвидов (подгрупп). Деление производится по назначению (от ударов, порезов, проколов и т. д.).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Изучить средства защиты, принцип их действия.
2. Составить перечень средств защиты для различных работников исходя из варианта.
3. Данные занести в таблицу.

| Группа защитных устройств | Принцип действия | Область применения |
|---|---|---|

Таблица Исходные данные

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | слесарь | машинист | электрик | Кранов щик | пожарный | сварщик | кузнец | шахтер | металлург | железнодорожник |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под механическим травмированием?
2. Какие источники механического травмирования относятся к реально опасным, а какие к потенциально опасным?
3. Как классифицируются средства коллективной защиты от механического травмирования?
4. Что представляют собой: оградительные средства защиты, предохранительные устройства, блокировочные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации?
5. Какие существуют основные знаки безопасности?
6. На какие группы делятся средства индивидуальной защиты от механического травмирования?

## 2 Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентов

Ознакомиться с теоретической частью и ответить на контрольные вопросы.

Вопросы и задания составлены в соответствии разделами и темами рабочей программы учебной дисциплины «Основы производственной санитарии» для удобства при самостоятельной подготовке студентов к учебным занятиям.

Теоретическая часть

1 Производственная санитария как наука.

Производственная санитария (от лат. sanitos – здоровье) – это система организационных, санитарно–гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ 12.0.002–14* «ССБТ. Термины и определения»).

Санитария - применение на практике (внедрение) мероприятий, разработанных гигиеной, которые направлены на улучшение здоровья населения, оздоровление окружающей среды и продление жизни человека.

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (от греч. hygyieinos – здоровый). Таким образом, санитария и гигиена происходят от одного и того же слова – здоровье. Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков (определение ВОЗ).

роизводственная санитария тесно связана со специальными технологическими дисциплинами и организацией производства, а также с медицинскими основами охраны труда (охраной труда, физиологией, психологией труда, эргономикой, безопасностью жизнедеятельности и др.).

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

Безопасность жизнедеятельности – это наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека и окружающей среды.

Эргономика — научная дисциплина, комплексно изучающая закономерности взаимодействия человека с техническими средствами. Т.е. наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения анатомии, антропологии, физиологии, психологии и гигиены в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов и производственного оборудования, наиболее соответствующих требованиям человеческого организма.

Физиология труда – раздел медицины, изучающий функционирование человеческого организма во время трудовой деятельности (утомляемость, работоспособность, установление оптимальных режимов труда).

Гигиена труда, как самостоятельная научная дисциплина, сформировалась в начале XX столетия, хотя истоки её формирования относятся к периодам истории Древней Греции и Рима. Так, Гиппократ (460–377 гг. до н. э.) писал о болезнях рудокопов, Гален (ок. 200–130 гг. до н. э.) – о поражённых пылью свинца, Плиний Старший ( I в. до н. э.) – об отравлениях ртутью и серой.

В XVI в. швейцарский врач и химик Парацельс (1493– 1541) и немецкий врач, геолог и металлург Георгий Агрикола (1494–1555) описали заболевания горняков под названием «Чахотка горняков, каменотёсов, литейщиков». В труде Парацельса «О чахотке и других заболеваниях горнорабочих» показана клиника заболевания, которое сопровождалось лихорадкой, одышкой, кашлем. Ему принадлежит изречение, которое можно рассматривать как идею принципа нормирования, а именно: «Всё есть яд, и всё есть

лекарство. Только одна доза делает вещество ядом или лекарством».
Период Средних веков (конец V—XIV вв.) характеризуется полным упадком личной и общественной гигиены. Постоянные войны и низкий культурный и материальный уровень населения служили благоприятной почвой для развития эпидемий.
Вспышки оспы, холеры, тифов, массовое распространение проказы, кожных, венерических и глазных болезней были характерным явлением для того времени. Пандемия чумы в XIV в., известная под названием «черной смерти», унесла около 25 млн. человек. Однако многие средневековые врачи высказывали ценные мысли в отношении гигиены.
Признанным основоположником профессиональной патологии является итальянский врач, профессор медицины, ректор Падуанского университета Бернардино Рамаццини (1633–1714). В 1700 г. им была издана книга «О болезнях ремесленников (рассуждения)», в которой были описаны болезни шахтёров, позолотчиков, химиков, кузнецов и других ремесленников (более 50 профессий) и представлены в систематизированном виде вопросы гигиены труда в разнообразных профессиях.
Тема охраны труда рабочих в России нашла своё отражение в трудах М.В. Ломоносова, А.Н. Никитина, Д.П. Никольского и др. В трактате «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763) М.В. Ломоносов указывал на необходимость создания безопасных условий труда «горных людей» путём укрепления горных выработок, вентиляции шахт, удаления подземных вод. В трактате были освещены также вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний.
Автор первой книги по гигиене труда «Болезни рабочих с указанием предохранительных мер» А.Н. Никитин (1793–1858), описавший условия труда 120 рабочих профессий, признается основоположником гигиены труда в России.
Важное место в развитии гигиены труда занимает один из основоположников отечественной гигиены А.П. Доброславин (1842–1889). Его рассуждения о необходимости изучения всех факторов трудового процесса, которые могут оказать влияние на здоровье и работоспособность человека, в полной мере соответствуют научным представлениям сегодняшнего дня. Он описал условия труда на табачных фабриках, в шахтах, кессонах, клинику пневмокониозов различной этиологии, отравлений свинцом и сероводородом.
Под руководством первого профессора гигиены Московского Императорского университета Ф.Ф. Эрисмана (1842–1915) в конце XIX столетия группа земских санитарных врачей (Дементьев Е.М., Погожев А.В. и др.) осуществляет санитарное обследование предприятий Московской губернии, в результате которого публикуется многотомный труд под его редакцией. Книга Ф.Ф. Эрисмана «Профессиональная гигиена, или гигиена умственного и физического труда» (1877) по праву считается первым в России оригинальным изданием по гигиене труда.
В развитие гигиены труда внес существенный вклад Г.В. Хлопин (1863–1929). Под его руководством выполнены крупные экспериментальные работы по действию промышленных ядов на организм, физиологии труда (энерготраты), гигиене труда и профессиональной патологии в химической и горнорудной промышленностях.
В послевоенной России вопросы гигиены труда получают своё дальнейшее развитие. Уже на 4–й день после взятия большевиками власти был принят декрет о восьмичасовом рабочем дне и ежегодных отпусках. В 1918 г. утверждается первый «Кодекс законов о труде». В 1919 г. формируется Государственная промышленно–санитарная инспекция. По инициативе крупнейших ученых и организаторов здравоохранения создаются научно–исследовательские учреждения по охране и гигиене труда: в 1923 г. в Москве – Институт по изучению профессиональных заболеваний (Обух В.А.), ныне НИИ медицины труда РАМН, в этом же году в Харькове – Украинский институт рабочей медицины, в 1924 г. в Петрограде – Институт по изучению профессиональных болезней, в 1925 г. – Государственный научный институт охраны труда (Левицкий В.А., Каплун С.И.).
В 1933 г. правительством и ЦИК было принято постановление «Об организации

государственной санитарной инспекции» с после – дующим развертыванием сети комплексных санитарно–эпидемиологических учреждений – санитарно–эпидемиологических станций (СЭС).
В развитии промышленной токсикологии важное место занимают работы Н.С. Правдина и Н.В. Лазарева.

2 Классификация трудовых процессов и факторов производственной среды.

*Рабочая зона* – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

*Рабочее место* – место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

*Постоянное рабочее место* – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Условия труда - совокупность психофизиологических, санитарно-гигиенических и социально-психологических факторов трудовой деятельности, влияющих:- на здоровье и работоспособность человека, на его отношение к труду;- на эффективность производства, уровень жизни и развитие личности.
*Под условиями труда* понимают совокупность факторов трудового процесса и производственной среды, в которой осуществляется трудовая деятельность работника, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.
К условиям труда относятся
- условия трудового процесса, включая технологию и формы организации труда;
- уровень экономичности используемых технических средств и оборудования;
- условия производственной сферы, микроэкология труда, складывающаяся под воздействием технологических режимов и общего состояния окружающей атмосферы;- внешнее оформление и комфортность места работы;
- ориентация работников на самоохрану труда при повышении уровня культуры труда.
*Под факторами трудового процесса (безотносительно окружающей среды) понимают основные его характеристики: тяжесть труда и напряженность труда.*
*Тяжесть труда* – один из основных факторов трудового процесса, отражающий нагрузку преимущественно на опорно- двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистая, дыхательная и др.), которые обеспечивают его трудовую деятельность.
Тяжесть труда характеризуется физической 1динамической нагрузкой, 2массой поднимаемого и перемещаемого груза, 3общим числом стереотипных рабочих движений, 4величиной статической нагрузки, 5характером рабочей позы, 6глубиной и частотой наклона корпуса,7 перемещениями в пространстве.
*Физическая динамическая нагрузка* определяется в единицах внешней механической работы за смену (кг×м). Подсчитывается путем умножения массы груза (кг) на расстояние его перемещения (м). Данный показатель рассчитывают за смену. Для правильной оценки труда по показателю физической динамической нагрузки необходимо также учитывать пол работающего, характер мышечной нагрузки. Последний может быть общим, когда в трудовую деятельность вовлечено более 2/3 всей мышечной массы, региональным – вовлечено от 1/3 до 2/3 мышечной массы и локальным – вовлечено менее 1/3 мышечной массы.
*Масса поднимаемого и перемещаемого вручную груза* (кг) на протяжении смены определяется его взвешиванием на весах. При этом регистрируется максимальная величина. Названный показатель можно определить по документам (технологический

регламент).
*Стереотипные рабочие движения* подразделяются в зависимости от характера мышечной нагрузки на локальные и региональные. Понятие "рабочее движение" подразумевает однократное перемещение тела или его части из одного положения в другое. Локальные движения, как правило, выполняются в быстром темпе (60-250 движений в минуту), их количество за смену может достигать нескольких десятков тысяч. При локальных работах темп, т. е. количество движений в единицу времени, практически не меняется; подсчитав число движений за 10-15 мин рассчитывают число движений за 1 мин. Полученную величину умножают на количество минут, в течение которых выполняется эта работа. Региональные рабочие движения выполняются, как правило, в более медленном темпе, и их легко подсчитать за 10-15 мин или за 1-2 операции несколько раз за смену. Общее количество движений за смену определяется, как и при локальной работе.
Общая оценка труда по степени тяжести проводится на основе всех приведенных выше показателей. Окончательная оценка устанавливается по показателю, отнесенному к наибольшему классу. При наличии двух и более показателей классов 3.1 и 3.2 общая оценка повышается на одну ступень (соответственно 3.2 и 3.3 классов). Наивысшая оценка труда по степени тяжести – 3-й класс 3-я степень. Напряженность
*Напряженность труда* – один из основных факторов трудового процесса, отражающий нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

## 3 Правовые, нормативно-технические и организационные основы в области производственной санитарии.

Правовую основу производственной санитарии составляют законы, подзаконные и нормативно–правовые акты.
Наибольшей юридической силой обладают законы: Конституция РФ; Трудовой кодекс РФ; ФЗ «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения»; ФЗ «О обязательном социальном страховании от НС на производстве и профессиональных заболеваний»; «об охране здоровья граждан»

Права и обязанности работников и работодателей в области охраны и гигиены труда.

Права и обязанности работников. Как права, так и обязанности работников в отношении безопасности и гигиены труда исчерпывающе определены в ТК РФ (ст. 21, 214, 219, 220)

Важнейшими из этих прав являются: 1) получать достоверную информацию о состоянии условий на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья и о принятых мерах по защите работника от производственных вредностей и опасностей. В случае отказа работодателя предоставить работнику информацию о состоянии охраны труда на рабочем месте работник вправе обратиться в органы государственного надзора с просьбой об инспектировании его рабочего места и принять личное участие в такой проверке; 2) отказаться от выполнения работ в случае возникновения непосредственных опасностей для жизни и здоровья, предупредив о прекращении работы непосредственного руководителя; 3) отказаться от выполнения вредных или опасных работ, если они не предусмотрены трудовым договором.

К обязанностям работников в области охраны труда относятся:

1) соблюдать требования охраны труда; 2) правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, т.е. одежду и обувь, маски, очки, респираторы; 3) проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работы, проверку

знаний требований охраны труда; 4) немедленно сообщать своим непосредственным или вышестоящим руководителям о любом несчастном случае на производстве и признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей. Эта обязанность зафиксирована в ст. 21 ТК РФ как одна из основных обязанностей работника; 5) проходить обязательные медицинские осмотры.

Обязанности и права работодателей. Во-первых, установлено общее требование ко всем работодателям. Они обязаны внедрять современные средства безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний. Во-вторых, в различных статьях ТК РФ (ст. 212 и др.) и в других нормативных актах содержится требование обеспечить работникам здоровые и безопасные условия труда. Это требование детализируется в виде конкретных обязанностей работодателей в различных сферах деятельности, в отношении различных аспектов трудовых отношений. Таких обязанностей зафиксировано около 20.

Тема охраны и гигиены труда изложена в конвенций МОТ, посвященных вопросам охраны труда, в 2010-2013 г.г.: Конвенции МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда», Конвенции МОТ № 174 «О предотвращении крупных производственных аварий», Конвенции МОТ № 176 «О безопасности и гигиене труда на шахтах».

Федеральным законодательством установлены права, обязанности и ответственность гражданина в отношении санитарно-эпидемиологического благополучия страны.

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (редакция от 3 августа 2018 года N 342-ФЗ) направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условия реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду, в том числе и производственную среду. В статье 25 закона указывается, что «условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредное воздействие на человека».

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека, и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности (статья 1).

В соответствии с Федеральным законом о «Санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» каждый гражданин, имея право на благоприятную среду обитания и возмещения вреда своему здоровью, правомочен получать от властных структур информацию о состоянии среды обитания, осуществлять общественный контроль за ее санитарным состоянием, вносить предложения по улучшению среды обитания. Такими же правами обладают индивидуальные предприниматели и юридические лица.

Каждый гражданин обязан заботиться о здоровье, гигиеническом воспитании и обучении своих детей, соблюдать требования санитарно-эпидемиологического законодательства и не осуществлять действия, его нарушающие. За данные нарушения установлена дисциплинарная, административная и уголовная ответственность.

Среда обитания человека - совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека;

- ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля1998 г. № 125-ФЗ (с изменениями на 17.03.2018г) устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Закон регулирует взаимоотношения пострадавших на производстве (застрахованных), работодателей (страхователей) и посредника между ними – страховщика (Фонда социального

страхования РФ) по вопросам возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектах» от 21 июля 1997 г. №т116-ФЗ (новая редакция от 29.07.2018 г.) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения и работающих с источниками ионизирующих излучений в целях охраны здоровья

Важным звеном санитарного законодательства являются закон РФ «об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г № 5487-1. Под нею подразумевается совокупность мер политического, экономического, правового, социального, культурного, научного, медицинского санитарно-гигиенического и противоэпидемиологического характера, направленных на сохранение и укрепление физического и психического здоровья каждого человека, поддержание его долголетней активной жизни, предоставление ему медицинской помощи в случае утраты здоровья.В целях охраны здоровья граждан, предупреждения инфекционных и профессиональных заболеваний работники отдельных профессий, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, проходят обязательные при поступлении и периодические медицинские осмотры. Согласно статье 21 этого закона, работодатели несут ответственность за выделение средств на проведение обязательных и периодических медицинских осмотров.

Рассматривая санитарное законодательство, нельзя оставить без внимания Федеральный закон «О предупреждении распространения в Российской Федерации заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ- инфекции)» от 30 марта 1995 г. № 38-ФЗ.

## 4 Производственный микроклимат, освещение.

Наибольшее количество информации (около 90%) об окружающем нас мире человек получает посредством зрения. Качество этой информации во многом зависит от освещения. В связи с этим обеспечение гигиенически рационального естественного и искусственного освещения имеет важное значение для нормальной жизнедеятельности и работоспособности человека. Уровень освещенности оказывает влияние на психические функции и физиологические процессы в организме человека.

Комплекс световых реакций человека, возникающий при воздействии лучистой энергии солнца в его оптическом спектре, т.е. в диапазоне ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных излучений, представляет собой природную световую среду, или световой климат.

Из всего спектра электромагнитных колебаний только видимый спектр излучения воздействует на светочувствительные элементы глаза, создавая ощущение света. Наибольшая чувствительность глаза наблюдается к колебаниям с длиной волны 555 нм, которые воспринимаются как желто-зеленый цвет. Чувствительность глаза к желто-зеленому цвету принимается равной 1.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций человека находится на низком исходном функциональном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает опасность травматизма.

Освещенность на рабочих местах должна соответствовать характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочих поверхностей от 100 до 1000 лк улучшает условия видения объектов, повышает производительность труда на 10–20 %, уменьшает брак на 20 %, снижает количество несчастных случаев на 30 %.

При 1000 лк утомление имеет минимальное значение. Однако существует предел, когда

дальнейшее увеличение освещенности почти не дает эффекта (Е более 1000 лк) и является экономически нецелесообразным.
2 Достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности. При неравномерной яркости в процессе работы глаз вынужден переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения. Степень неравномерности освещенности определяется коэффициентом неравномерности, - отношением максимальной освещенности к минимальной. Чем выше точность работ, тем меньше должен быть коэффициент неравномерности. Равномерность освещенности достигается рациональной схемой размещения светильников, системой освещения.
3 Отсутствие резких теней на рабочих поверхностях. В поле зрения человека резкие тени искажают размеры и формы объектов различения, что повышает утомление зрения, а движущиеся тени могут привести к травмам.
4 Отсутствие блескости. Блескость вызывает нарушение зрительных функций – ослепленность, возникающую при наличии в поле зрения чрезмерно большой яркости и приводящей к быстрому утомлению и снижению работоспособности. Блеклость - это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов.

Различают блеклость прямую (создается источниками света и осветительными приборами - светильники, окна) и отраженную (от зеркальных поверхностей). Способом защиты от прямой блеклости является понижение яркости источника света с помощью отражателей и рассеивателей, правильный выбор защитного угла светильника и высоты его подвеса. Ослабление отраженной блеклости может быть достигнуто правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, изменением угла наклона рабочей поверхности, устройством отраженного освещения, заменой блестящих поверхностей матовыми.
5 Постоянство освещенности во времени. Колебания освещенности вызывают переадаптацию глаза, приводят к значительному утомлению.
6 Правильная цветопередача. Спектральный состав света должен отвечать характеру работы.
7 Обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности. Неправильная эксплуатация, ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок в пожаро- и взрывоопасных цехах (неправильный выбор светильников, проводов), могут привести к взрыву, пожару и несчастным случаям.
8 Экономичность. Определяется, во-первых, экономическими и эксплуатационными характеристиками источника света (светоотдача и срок службы лампы) и, во-вторых, является основой выбора варианта проектного решения осветительной установки. Основные санитарно- гигиенические требования к производственному освещению сформулированы в СНиП 23-05–95, отраслевых нормах и др.

Виды производственного освещения. В зависимости от источника света освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным. Искусственное освещение применяется в темное время суток и в помещениях, где нет естественного освещения. Источниками искусственного освещения являются лампы накаливания (ЛН) и газоразрядные лампы (ГРЛ).

Естественное освещение может быть верхним и боковым. Искусственное местным, общим и комбинированным. По функциональному назначению освещение подразделяется на: рабочее, аварийное, и специальное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений

Аварийное освещение (в помещениях и на местах производства наружных работ) нужно предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение

обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, нарушению работы электростанций. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Специальное освещение может быть эвакуационным, охранным, ремонтным, сигнальным, бактерицидным и эритемным.

Гигиеническое нормирование

Нормирование освещения осуществляется на основании санитарных правил и норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 –03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», строительных норм и правил СНиП 23-05–95 «Естественное и искусственное освещение», согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

Нормы предусматривают наименьшую требуемую освещенность рабочих поверхностей производственных помещений, исходя из условий зрительной работы. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, который требуется воспринимать глазом в процессе работы.

В зависимости от размера объекта различения (от менее 0,15мм до более 5мм) все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на 8 разрядов (I-VIII), которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на 4 подразряда (а, б, в, г).

Уровни освещенности установлены для каждого подразряда работ. При этом освещенность тем выше, чем темнее фон, меньше размер детали и контраст ее с фоном.

Для работ высших разрядов (от I до V) значения освещенности устанавливаются в зависимости от системы общего или комбинированного освещения. Для остальных низших разрядов (Vв - VIIIв) работ малой точности или грубых нормируется освещенность только системы общего освещения. Местное освещение при таких работах нецелесообразно или невозможно. Для работ 1 разряда зрительных работ (например, обработка драгоценных камней - 1500 лк, в лекционных залах 500 лк, для грубых работ 100-200 лк)

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности).

Следует отметить, что в ряде случаев СниП предусматривают как повышение, так и понижение уровней освещенности в зависимости от характера работы.

Увеличение освещенности предусматривается при повышенной опасности травматизма или при выполнении напряженной зрительной работы в течение всего рабочего дня. Понижается освещенность при кратковременном пребывании людей в помещении и наличии оборудования, не требующего постоянного наблюдения.

Нормирование естественного освещения

Вследствие крайней изменчивости природного освещения не только в течение суток, но даже в течение коротких промежутков времени для нормирования и расчета естественного освещения помещений принята относительная величина, называемая коэффициентом естественной освещенности (КЕО), который равен отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба (непосредственно или после отражений) $E_{вн}$, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{н}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженному в процентах:

КЕО=Евн/Ен 100. Значение коэффициента естественной освещенности в соответствии со СНиП 23-05–95 находится в пределах 0,1–10 %.

5: Вредные вещества, излучения

В воздухе рабочей зоны могут находиться вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.

Состав чистого воздуха – это азот 78,08 %; кислород 20,94 %; аргон, неон, другие инертные газы и водяной пар 0,94 %; углекислый газ 0,03 %; прочие газы 0,01%.

Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований пр санитарии могут вызывать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Вредные вещества – это химический опасный и вредный производственный фактор.

Действие на организм

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на следующие группы:

а) общетоксические – вызывают отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ароматические углеводороды, ртуть, свинец, фосфор);

б) раздражающие – вызывают раздражение слизитых оболочек дыхательных путей, глаз, лёгких, кожи. Изменяют реактивную способность организма. Вызывают профзаболевания – дерматиты, бронхиальная астма (аммиак, хлор, сероводород, сильные щелочи, кислоты,);

в) сенсибилизирующие – вызывают аллергические реакции (формальдегид, растворители, лаки, некоторые антибиотики - эритромицин);

г) канцерогенные – вызывают злокачественные или доброкачественные новообразования (асбест, смола ароматичные углеводороды)

д) мутагенные – нарушают генетический код клеток, наследственной информации. (свинец, ртуть, формальдегид, радиоактивные и наркотические вещества);

е) влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (бензол, сероуглерод, ртуть, свинец).

Проф заболевания от воздействия вв.

Под действием вредных веществ в организме человека происходят различные нарушения. Эти нарушения проявляются в виде острых, хронических отравлений.

В развитии острого профессионального отравления, как правило, имеются две фазы: первая – неспецифических проявлений (головная боль, слабость, тошнота и т.д.) вторая – специфических (например, отек легких при отравлении оксидами азота или паралич дыхания при отравлении сероводородом).

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении вредных веществ в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются в результате накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им нарушений (функциональная кумуляция). Поражаемые органы и системы в организме при хроническом и остром отравлениях одним и тем же веществом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом в основном страдает нервная система и наблюдается наркотическое действие, при хроническом – система кроветворения.

Действие химических веществ на кожу

Профессиональные заболевания кожи в большинстве случаев развиваются вследствие контакта кожи с одни, двумя или комплексом вредных производственных факторов.

Все химические вещества по их действию на кожу делятся на три основные группы: 1) оказывающие преимущественно раздражающее действие; 2) обладающие фотостимулирующими и фотосенсибилизирующими свойствами; 3) вещества-сенсибилизаторы.

В первую группу входят облигатные раздражители, вызывающие ожоги и изъявления кожи (концентрированные неорганические кислоты и щелочи, некоторые соли тяжелых

металлов, вещества кожно-нарывного действия); факультативные первичные раздражители, вызывающие: а) контактные дерматиты (слабо концентрированные растворы кислот, щелочей, органические кислоты, большинство органических растворителей и др.); б) поражение фолликулярного аппарата (смазочные масла, деготь, пек, хлорированные нафталины и др.); в) токсическую меланодермию (нафтеновые углеводороды); г) ограниченные гиперкератозы и эпителиому (бензапрен, бенз-а-пирен, фенантрен и др.).

Во вторую группу включены химические вещества, вызывающие фотодерматиты (пек, гудрон, асфальт, толь).

Третью группу составляют вещества, вызывающие развитие аллергического дерматита, токсикодермии и экземы при контактном и неконтактном (пероральном, ингаляционном) введении аллергена.

Действие химических веществ на органы дыхания

В условиях промышленных производств ингаляционное поступление в организм работающих вредных веществ является наиболее частым. Однако путь вредных веществ всегда определяет место приложения их токсического действия: большая всасывающая поверхность легких способствует быстрому попаданию токсичных веществ в кровеносное русло, органы и ткани, что обуславливает общетоксическое резорбтивное действие ядов. Среди многообразия промышленных ядов значительное место занимают химические вещества раздражающего действия, токсический эффект которых проявляется путем прямого попадания в дыхательные пути, вызывая различные формы их поражения. Раздражающий эффект этих веществ может проявляться не только при воздействии на органы дыхания, но и при контакте с кожей, а также при попадании в глаза. Известны сочетанные формы интоксикаций, при которых одновременно наблюдается поражение органов дыхания, глаз и кожных покровов.

Комбинированное действие вредных веществ.

В связи со сложностью и многостадийностью химических производств в этих условиях на рабочих могут воздействовать одновременно несколько вредных химических веществ. Проявляется комбинированное действие ядов, то есть одновременное или последовательное действия на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Эти вещества могут использоваться в виде сырья, промежуточного и готового продуктов. Некоторые из них являются побочными продуктами технологического процесса. В других отраслях промышленности, таких как металлургической, машиностроительной, в сельском хозяйстве и химико-фармацевтической промышленности также возможно комбинированное действие веществ.

а. Гигиеническое нормирование

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м$^3$ – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

При установлении ПДК вредных веществ руководствуются следующими основными принципами:

– Принцип порогового действия всех типов вредных веществ (в том числе мутагенного и канцерогенного действия). Есть концентрации, при которых нет вредного воздействия на человека, при превышении порога происходит переход количества в качество и начинается вредное действие.

– Принцип приоритета медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов по сравнению с технической достижимостью и

экономическими требованиями сегодняшнего дня.
- Принцип опережения токсикологических исследований и установления гигиенических нормативов по сравнению с внедрением вещества в производство.
Методы защиты от воздействия вредных веществ делят на 3 группы:
1.Технические (основное направление – не допускать проникновения вредных веществ в воздух рабочей зоны):
- замена ядовитых веществ неядовитыми или менее ядовитыми. Например, ограничение или исключение применение таких растворителей, как бензол, дихлорэтан.
- гигиеническая стандартизация химического сырья и продукции. Примерами могут служить ограничение содержания ароматических углеводородов в бензинах, метилового спирта - в гидролизном спирте.
комплексная механизация и автоматизация технологических процессов;
герметизация технологического оборудования и коммуникаций;
своевременный ремонт оборудования;
промышленная вентиляция.
2.Медико–санитарные:
систематический контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
организация рационального и лечебного питания,
использование антидотов для профилактики профессиональных заболеваний.
регистрация и расследование всех случаев отравления, периодические медосмотры;
3.Организационные:
проведение инструктажей; организация рабочего места;
применение СИЗОД – фильтрующие респираторы и противогазы, изолирующие защитные приспособления. К изолирующим СИЗОД относятся шланговые и кислородные дыхательные аппараты.

## 6 Производственный шум, вибрация

Сочетание звуков различной частоты и интенсивности называется шумом. Шумом являются всякого рода звуки, мешающие восприятию полезных звуков или нарушающие тишину, и также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.
Звук как физическое явление представляет собой волновое колебание упругой среды. Звуковые волны возникают в том случае, когда в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды приходят в колебательное движение в продольном или поперечном направлении в результате воздействия на них какой-либо возмущающей силы.
Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие или газообразные среды. Колебательные возмущения, распространяющиеся от источника звука в окружающей среде, называются звуковыми волнами, а пространство, в котором они наблюдаются, – звуковым полем.
В газообразной среде (воздухе) могут распространяться только продольные волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волн.
Направление распространения звуковой волны называется звуковым лучом. Фронт волны перпендикулярен звуковому лучу. В общем случае фронт волны имеет сложную форму, но в практических случаях ограничиваются рассмотрением трех видов волн: плоской, сферической и цилиндрической. В виде плоской волны звук распространяется, когда размеры источника звука больше, чем длина излучаемой звуковой волны. Плоская волна образуется на значительных расстояниях от источника любых размеров.
С физиологических позиций звук – это ощущение, возникающее в ухе человека в результате изменения давления.
Звуковое давление измеряется в Паскалях (1 Па=1 Н/м$^2$). Ухо человека ощущает звуковое давление от 2–10$^{-5}$ до 2–10$^2$ Н/м$^2$.

Звуковые волны являются носителями энергии. Звуковая энергия, которая приходится на 1 $м^2$ площади поверхности, расположенной перпендикулярно к распространяющимся звуковым волнам, называется силой звука и выражается в $Вт/м^2$. Так как звуковая волна представляет собой колебательный процесс, то он характеризуется такими понятиями, как период колебания (Т) – время, в течение которого совершается одно полное колебание, и частота колебаний (Гц) – число полных колебаний за 1 с. Совокупность частот дает спектр шума.

Шумы содержат звуки разных частот и различаются между собой распределением уровней по отдельным частотам и характером изменения общего уровня во времени. Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11 000 Гц, включающий 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами в 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Орган слуха различает не разность, а кратность изменения звуковых давлений, поэтому интенсивность звука принято оценивать не абсолютной величиной звукового давления, а его уровнем, т.е. отношением создаваемого давления к давлению, принятому за единицу сравнения.

В диапазоне от порога слышимости до болевого порога отношение звуковых давлений изменяется в миллион раз, поэтому для уменьшения шкалы измерения звуковое давление выражают через его уровень в логарифмических единицах – децибелах (дБ).

Ноль децибел соответствует звуковому давлению $2–10^{-5}$ Па, что приблизительно соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.

В качестве интегральной (одним числом) характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА (измеренных по так называемой шкале А шумомера), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учётом биологического действия звуков разных частот на слуховой анализатор.

Источники шума

Шум является одним из наиболее распространённых неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих, сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижением производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма.

В настоящее время трудно назвать производство, на котором не встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К наиболее шумным относятся горнорудная и угольная, машинно–строительная, металлургическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно–бумажная, радиотехническая, легкая и пищевая, мясомолочная промышленности и др.

На заводах железобетонных конструкций шум достигает 105–120 дБА. Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленностях. Так, на рабочем месте рамщика и обрезчика уровень шума колеблется от 93 до 100 дБА с максимумом звуковой энергии в области средних и высоких частот. В этих же пределах колеблется шум в столярных цехах, а лесозаготови- тельные работы (валка, трелевка леса) сопровождаются уровнем шума от 85 до 108 дБА за счет работы трелевочных лебедок, тракторов и других механизмов.

Подавляющее большинство производственных процессов в прядильных и ткацких цехах также сопровождается образованием шума, источником которого является бойковый механизм ткацкого станка, удары погонялки челнока. Наиболее высокий уровень шума наблюдается в ткацких цехах – 94–110 дБА.

Наиболее шумными операциями в машиностроении, в том числе, авиастроении, автомобилестроении, вагоностроении и др. следует считать обрубные и клепальные работы с использованием пневматических инструментов, режимные испытания двигателей и их агрегатов различных систем, стендовые испытания на вибропрочность изделий, барабанную готовку, шлифовку и полировку деталей, штампопрессовую заготовку.

Для нефтехимической отрасли характерными являются высокочастотные шумы различных

уровней за счет сброса сжатого воздуха из замкнутого технологического цикла химических производств или от оборудования, работающего на сжатом воздухе, например, сборочных станков и вулканизационных линий шинных заводов.

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. Так, интенсивный шум характерен для плавильных, прокатных и трубопрокатных производств. Из производств, относящихся к этой отрасли, шумными условиями характеризуются метизные заводы, оснащенные холодновысадочными автоматами.

В лесной и целлюлозно–бумажной отраслях наиболее шумными являются деревообрабатывающие цеха.

В горнорудной и угольной промышленностях наиболее шумными являются операции механизированной добычи полезных ископаемых как с использованием ручных машин (пневмо- перфораторы, отбойные молотки), так и с помощью современных стационарных и самоходных машин (комбайны, буровые станки и пр.).

Пищевая промышленность – наименее шумная из всех. Характерные для нее шумы генерируют поточные агрегаты кондитерских и табачных фабрик. Однако отдельные машины этих производств создают значительный шум, например, мельницы зерен какао, некоторые сортировочные машины.

В каждой отрасли промышленности имеются цеха или от- дельные компрессорные станции, снабжающие производство сжатым воздухом или перекачивающие жидкости или газооб- разные продукты. Последние имеют большое распространение в газовой промышленности как большие самостоятельные хозяйства. Компрессорные установки создают интенсивный шум.

Шум является также наиболее характерным неблагоприятным фактором производственной среды на рабочих местах пассажирских, транспортных самолетов и вертолетов; подвижного состава железнодорожного транспорта; морских, речных, рыбопромысловых и других судов; автобусов, грузовых, легковых и специальных автомобилей; сельскохозяйственных машин и оборудования; строительнодорожных, мелиоративных и дру гих машин.

Уровни шума в кабинах современных самолетов колеблются в широком диапазоне – 69–85 дБА (магистральные самолеты для авиалиний со средней и большой дальностью полета). В кабинах автомобилей средней грузоподъемности при различных режимах и условиях эксплуатации уровни звука составляют 80–102 дБА, в кабинах большегрузных автомобилей – до 101 дБА, в легковых автомобилях – 75–85 дБА.

Таким образом, для гигиенической оценки шума важно знать не только его физические параметры, но и характер трудовой деятельности человека–оператора, и, прежде всего, степень его физической или нервной нагрузки.

Вибрация

Общие сведения

Под вибрацией понимают механические колебания упругих тел, характеризующиеся периодичностью изменения параметров. Вибрация возникает при неправильной балансировке валов, шкивов в машинах и станках, воздействии динамических нагрузок, при работе машин и механизмов ударного действия.

Основными параметрами характеризующими вибрацию являются: виброперемещение, виброскорость и виброускорение.

Виброперемещение (x) – величина отклонения колеблющейся точки от положения равновесия.

Виброскорость м/с (υ) и виброускорение м/с$^2$ (а) являются соответственно первой и второй производной по времени от виброперемещения.

Действие на организм

Вибрация может оказывать на человека как положительное, так и отрицательное действие.

Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты, амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и других условий.

При изучении биологического действия вибрации принимается во внимание характер её распространения по телу человека, которое рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это всё туловище с нижней частью позвоночника и тазом (стоящий человек), в другом случае – верхняя часть туловища в сочетании с верхней частью позвоночника, нагибающийся вперёд (сидящий человек). Независимо от места возбуждения колебания затухают при распространении по телу тем больше, чем выше их частота, причём величина затухания не зависит от уровня интенсивности колебаний в зоне возбуждения.

Благоприятное воздействие оказывает местная вибрация малой интенсивности: восстановление трофических изменений, быстрое заживление ран, притупление боли, улучшение функционального состояния центральной нервной системы и др.

Длительное воздействие общей вибрации может привести к развитию вибрационной болезни.

Гигиеническое нормирование

Основным законодательным документом гигиенического нормирования вибрации является СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учётом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости (v) и виброускорения (a), и их логарифмические уровни ($L_v$, $L_a$).

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500;1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5;40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

ПДУ нормируемых параметров производственной локальной вибрации и общей вибрации всех категорий при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблицах СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на человека для длительно-сти смены 8 часов в октавных полосах частот приведены в таблице 5.

Допустимое значение вибрации $U_T$ при длительности её воздействия T менее 480 мин (8 ч) определяется по формуле $U_T=U_{480}\cdot(480/T)^{1/2}$, где $U_{480}$–норма вибрации при длительности воздействия 480 мин. Максимальный уровень вибрации не должен превышать значений, вычисленных для T=30 мин.

## 7 Основы физиологии труда.

Физиология труда - раздел таких медицинских дисциплин нормальная физиология и гигиена труда, изучающий измене функционального состояния организма человека под производственной деятельности и разрабатывающий чески обоснованные средства организации трудового процесса, способствующие предупреждению утомления и поддержанию высокого уровня работоспособности.

Исследования по физиологии труда проводятся в двух направлениях:

изучение общих физиологических закономерностей трудовых процессов;

изучение физиологических реакций организма при конкретных видах производственной деятельности.

Задачи физиологии труда охватывают широкий круг вопросов:

изучение физиологических закономерностей при физических, нервно-психических нагрузках и при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, микроклимата и др.);

исследование физиологических механизмов, определяющих динамику работоспособности человека в современных производственных условиях;

разработку физиологических основ мероприятий в целях повышения работоспособности и снижения утомления.

Классификация основных видов (форм) организации трудовой деятельности. Автоматизированный труд подразделяется на комплексно-автоматизированный и собственно автоматизированный. Комплексная автоматизация труда - это такая высокая степень организации производства, при которой управление осуществляется с дистанционных щитов и пультов управления, располагающихся в изолированных помещениях или кабинах. Ее разновидностью является автономная комплексная автоматизация труда, представленная разнообразными транспортными средствами. Основной вред в данном случае наносят нервно-психические перегрузки.

Автоматизированное производство - более низкая ступень, так как в ее организации хотя и имеет место управление с пультов и щитов, но они располагаются в цехе рядом с оборудованием. Поэтому к такому вредному производственному фактору как нервно-психические перегрузки прибавляются факторы, присущие конкретному производству: химические вещества, пыль, шум и пр.

В целом же автоматизированный труд имеет несомненное гигиеническое преимущества прежде всего в том, что в несколько раз сокращается численность работников во вредных условиях труда.

Механизация труда - это более низкая, но самая частая ступень организации производства, при которой полностью или частично рабочие операции выполняют машины и механизмы. Механизация труда подразделяется на комплексно-механизированный, собственно механизированный и механизированно-ручной труд.

Комплексно-механизированный труд представляет такую организацию производственного процесса, когда основные и вспомогательные технологические процессы выполняются машинами, механизмами и другими видами оборудования. На первый план из вредных производственных факторов выходят те, которые генерирует данное производство- шум, пыль и пр.

Механизированный труд отличается от предыдущего тем, что в нем имеет место неполная механизация. Поэтому при этой распространенной форме организации производства наблюдаются физические перегрузки в сочетании с воздействием других вредных производственных факторов.

Механизированно-ручной труд (весьма распространенный) тоже относится к труду с неполной механизацией, так как при выполнении работ широко используются механизированно-ручные пневмо- и электроинструменты. Эти вредные производственные факторы аналогичны физическим перегрузкам, но выражены в боль- шей степени.

Ручной труд - это труд, который выполняется вручную с использованием исключительно мускульной силы человека и примитивных орудий труда (лопаты, лома и др.) без

применения инструментов с приводом. Главным вредным производственным фактором при ручном труде являются физические перегрузки. Другие вредные производственные факторы воздействуют на работника достаточно интенсивно, так как он находится в эпицентре их выделения (генерации) - на расстоянии вытянутой руки. Исключением надо считать ручной труд при работе на конвейерах, при котором у трудящихся возможны нервно-психические перегрузки. На производстве указанные виды труда далеко не всегда встречаются в чистом виде, а чаще в различных соотношениях.
Некоторые понятия в физиологии труда. Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от следующих факторов: предмет и орудия труда, организация рабочего места, условия труда, технико-организационные мероприятия. Эффективность согласования указанных факторов с возможностями человека во многом зависит от наличия определенной работоспособности.

## 8 Роль средств индивидуальной защиты в профилактике травматизма и заболеваний.

Под средствами индивидуальной защиты (СИЗ) понимается средства, используемые работниками для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Средства индивидуальной защиты применяют в тех случаях, когда безопасность труда не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственного процесса, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты.

Требования к средствам индивидуальной защиты

Работодатель обязан обеспечить приобретение и выдачу прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия средств индивидуальной защиты. Сертификация СИЗ – это процедура подтверждения соответствия средств индивидуальной защиты установленным нормам.

Средства индивидуальной защиты должны обеспечивать предотвращение или уменьшение действия опасных и вредных производственных факторов. Выбор конкретного типа СИЗ работающих должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

Средства индивидуальной защиты не должны изменять своих свойств при их стирке, химчистке и обеззараживании, должны подвергаться оценке по защитным, физиолого-гигиеническим и эксплуатационным показателям, иметь инструкцию с указанием назначения и срока службы изделия, правил его эксплуатации и хранения.

Обязанности работодателя по обеспечению работников средствами индивидуальной защиты

Работодатель обязан:

обеспечивать работников средствами индивидуальной защиты в соответствии с установленными сроками.

заменить пришедшие средства индивидуальной защиты в негодность до окончания срока пользования по причинам, не зависящим от работника (пропажа, порча).

соблюдать сроки периодических испытаний и проверки исправности технических средств индивидуальной защиты (респираторов, противогазов, предохранительных поясов).

осуществлять контроль за правильным использованием и обязательным применением выданных средств индивидуальной защиты.

Работники не должны допускаться к работе без положенных средств индивидуальной защиты, в неисправной, загрязненной специальной одежде или обуви, с неисправными

или не прошедшими очередное испытание или проверку техническими средствами индивидуальной защиты.

Ответственность за своевременную и в полном объеме выдачу работникам средств индивидуальной защиты, прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия в соответствии с типовыми нормами, организацию контроля за правильностью их применения работниками, а также за хранение и уход за средствами индивидуальной защиты возлагается на работодателя.

Если работник не обеспечен сертифицированными и исправными средствами индивидуальной защиты, которые положены ему в соответствии с нормами, работодатель не вправе требовать от него выполнения трудовых обязанностей и обязан оплатить возникший по этой причине простой (ст. 220 ТК РФ).

Обязанности работников по применению средств индивидуальной защиты

Работник обязан:

правильно применять средства индивидуальной защиты, выданные ему в установленном порядке. В случае необеспечения работника, занятого на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также с особыми температурными условиями или связанных с загрязнением, СИЗ в соответствии с законодательством Российской Федерации он вправе отказаться от выполнения трудовых обязанностей, а работодатель не имеет права требовать от работника их исполнения и обязан оплатить возникший по этой причине простой.

ознакомиться при заключении трудового договора с «Межотраслевыми правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты», а также с соответствующими его профессии и должности типовыми нормами выдачи СИЗ.

своевременно с окончанием соответствующего периода года сдавать для хранения до следующего периода года средства индивидуальной защиты, предназначенные для использования в особых температурных условиях, обусловленных ежегодными сезонными изменениями температуры.

своевременно проходить инструктажи при применении средств индивидуальной защиты, применение которых требует от работников практических навыков (респираторы, противогазы, самоспасатели, предохранительные пояса, накомарники и др.), о правилах применения указанных СИЗ, простейших способах проверки их работоспособности и исправности, а также тренировку по их применению.

своевременно ставить в известность работодателя (или его представителя) о выходе из строя (неисправности) средств индивидуальной защиты.

своевременно сдавать средства индивидуальной защиты для стирки, обеспыливания и др.

не выносить средства индивидуальной защиты по окончании рабочего дня за пределы территории работодателя или территории выполнения работ работодателем – индивидуальным предпринимателем.

Контрольные вопросы

Тема 1 Производственная санитария как наука.

1. Предмет, цель и содержание дисциплины.
2. Основные задачи курса.
3. Истоки формирования науки.
4. Комплексный характер дисциплины, место в системе наук.
5. Основные термины и определения.

6. Основные понятия, термины и определения.
7. Перспективы развития производственной санитарии.
8. Основные составляющие производственной среды
9. Трудоспособность человека и её факторы
10. Личность как элемент системы «человек - среда»

Тема 2 Классификация трудовых процессов и факторов производственной среды.

1. Современные направления деятельности и задачи.
2. Идентификация источников физических, химических, биологических и психо-физиологических производственных факторов.
3. Характеристика вредных производственных факторов в отрасли.
4. Характер взаимодействия организма человека с факторами производственной среды.
5. Характеристика факторов трудовых процессов.

Тема 3. Правовые, нормативно-технические и организационные основы в области производственной санитарии.

1. Понятие санитарного законодательства как совокупности законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния многообразных факторов среды обитания человека.
2. Нормативно-правовые акты в области производственной санитарии.
3. Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства.
4. Гигиена труда женщин и молодежи
5. Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
6. Виды санитарного надзора.
7. Государственный надзор за соблюдением санитарного законодательства
8. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Тема 4: Производственный микроклимат, освещение.

1. Понятие о микроклимате производственного помещения.
2. Параметры микроклимата.
3. Влияние параметров микроклимата на здоровье и работоспособность человека.
4. Приборы, измеряющие микроклимат.
5. Гигиеническое нормирование характеристик микроклимата в производственных помещениях.
6. Влияние классов труда на нормирование микроклимата.
7. Виды освещения.
8. Типы осветительных приборов.
9. Требования к производственному освещению.
10. Производственное освещение, системы и виды.
11. Естественное и искусственное освещение: рабочее, аварийное, охранное, дежурное.
12. Системы освещения: общее, местное, комбинированное.
13. Гигиеническое нормирование естественного и искусственного освещения.
14. Совмещенное освещение помещений.

Тема 5: Вредные вещества, излучения

1. Группы химически опасных и вредных факторов.
2. Виды химических опасностей.
3. Классификация по характеру воздействия на человека.
4. Пути проникновения химических опасностей.
5. Специфические отдельные группы веществ.

6. Химические вещества искусственного происхождения.
7. Токсикология вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
8. Отравление вредными веществами.
9. Острые отравления, хронические.
10. Сенсибилизация.
11. Толерантность организма.
12. Биологическое действие вредных веществ.
13. Первичное специфическое действие вредных веществ.
14. Мутагенное и канцерогенное действие вредных веществ.
15. Правила измерения содержания вредных веществ в жилых помещениях.
16. Комбинированное действие вредных веществ.
17. Аддитивное действие.
18. Потенцированное действие.
19. Антагонистическое действие.
20. Независимое действие.
21. Пути обезвреживания ядов.
22. Причины образования пыли и ее основные свойства.
23. Пыль как производственная вредность.
24. Химический состав пыли.
25. Воспламеняемость и взрывоопасность пыли.
26. Оценка вредности пыли.
27. Методы измерения концентрации пыли, и средства защиты от пыли.
28. Методы очистки воздуха от пыли.
29. Источники излучений.
30. Физико–гигиеническая характеристика излучений.
31. Гигиеническое нормирование излучений.
32. Методы и средства регистрации излучений.
33. Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками излучений.

Тема 6: Производственный шум, вибрация

1. Основные источники, физические параметры шума и вибрации.
2. Классификация производственных шумов и вибраций.
3. Общее действие на организм.
4. Принципы гигиенического нормирования.
5. Система мероприятий по профилактике на производстве.

Тема 7: Основы физиологии труда.

1. Физиологические особенности и классификация физического труда.
2. Особенности физиологических реакций организма при умственном труде и его классификация.
3. Физиологические сдвиги в организме при работе.
4. Утомление и переутомление.
5. Пути сохранения работоспособности и повышения производительности труда.
6. Хронометражные исследования на производстве

Тема 8: Роль средств индивидуальной защиты в профилактике травматизма и заболеваний.

1. Роль средств индивидуальной зашиты в профилактике травматизма и заболеваний.
2. Классификация средств индивидуальной защиты.
3. Защита глаз.
4. Защита головы
5. Защита органов слуха.

6. Защита органов дыхания.
7. Спецодежда.
8. Спецобувь.
9. Защитные перчатки, защитные дерматологические средства.

Список литературы

1 Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие / Е. В. Глебова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2007. - 382 с. : ил. –

2 Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / В. А. Подюков, В. В. Токмаков, В. М. Куликов ; под ред. В. В. Токмакова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

3 Гигиена труда [Текст]: учебник/Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 592 с.

4 Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. № 197–ФЗ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалитета по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата студент может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

• *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;

• *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Студент для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

### Выбор темы реферата

Студенту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

**Формулирование цели и составление плана реферата**

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

} Основная часть

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение** (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

### Общие требования к оформлению реферата

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

### Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например, «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для

различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например, «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте реферата должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например, «…в табл. 2.2».

## Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей реферата или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

## Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

## Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

## Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

**Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

**Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Олейник А. Н.* Институциональная Горное дело: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

**Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория:* учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

**Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления*: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

**Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

**Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

**Библиографические ссылки**

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

**Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «Под трансакцией понимается обмен какими-либо благами, услугами или информацией между двумя агентами» [10, С. 176].

В списке использованных источников:

10. *Сухарев О. С.* Институциональная Горное дело: учебник и практикум для специалистиата и магистратуры /О.С. Сухарев. М.: Издательство Юрайт, 2016. 501 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1.Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2.Ответы студента на вопросы преподавателя.

3.Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

**Советы студенту:**

• Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

• Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).

• Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.

• Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.

• Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.

• Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.

• Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.

• Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!

• Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.

• Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.

• Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

1. 1. Хост-компьютеры.
2. Локальные сети и персональные компьютеры.
3. Каналы связи.
4. Хранение и предоставление доступа к информации.
5. Управление передачей сообщений.
6. Каналы связи, обеспечивающие взаимодействие между хост-компьютерами.
7. Обмен информацией между абонентами сети.
8. Использование баз данных сети.
9. Классификация прикладного программного обеспечения.
10. Пакеты прикладных программ.
11. Методо-ориентированные пакеты.
12. Системы реального времени.
13. Офисные приложения.
14. Инструменты электронных таблиц для решения экономических задач.
15. Классификация баз данных (БД).
16. Системы управления базами данных (СУБД). Классификация СУБД.
17. Локальные и глобальные сети. Intranet и Internet. Сетевые службы.
18. Поисковые системы: Яndex, Rambler, Google, ПОИСК@mail.ru.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Проверяемые компетенции: ОПК-5

*Знать:*

- офисные приложения;
- основы создания баз данных;
- принципы работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

*Уметь:*

- использовать офисные приложения;
- создавать базы данных средствами офисных приложений;
- использовать электронную почту и другие средства коммуникаций с помощью Интернета.

*Владеть:*

- инструментарием офисных приложений;
- технологией разработки баз данных;
- навыками работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

**Критерии оценивания:**

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

**Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 1 балл

**Критерии оценки:**

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»;

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»;

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра информатики

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)**

по дисциплине
«Прикладное программное обеспечение»

на тему:

# УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ

**Руководитель:**
Дружинин А.В.
**Студент** гр. Х-20
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2020

Минобрнауки России

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Екатеринбург

# Оглавление

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП....3
Тема 1.1 Введение в предмет. Понятие ППП....4
Тема 1.2 Структура и основные компоненты ППП....10
Тема 1.3 Эволюция ППП. Примеры современных ППП....13
ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE....22
Тема 2.1 Структура и состав MS Office. Основные приложения....23
Тема 2.2 Введение в офисное программирование....29
Тема 2.3 Макросы. Использование макрорекордера....34
Тема 2.4 Среда разработки VBA....38

# ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП
# ТЕМА 1.1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ. ПОНЯТИЕ ППП

## Цели и задачи дисциплины

- Изучение основных принципов, используемых в разработке интегрированных программных продуктов.
- Изучение структуры, состава и назначения компонентов интегрированного ПО, а также средств организации взаимодействия между компонентами и инструментальных средств расширения функциональности.
- Формирование навыков работы со средствами автоматизации решения прикладных задач.
- Формирование навыков использования встроенных средств разработки.
- Требования к уровню освоения дисциплины
- В результате изучения дисциплины студенты должны:
- знать принципы построения прикладных информационных систем
- уметь использовать современные программные средства для обработки разнородной информации;
- уметь автоматизировать процесс решения прикладных задач с помощью встроенных языков программирования;
- иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития рынка прикладного ПО.

## Основные понятия и определения

Информационная система (ИС) - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы. Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации.

Автоматизированная (информационная) система (АС) - совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и ин-

формацией и производства вычислений и управляемая человеком-оператором (в этом главное отличие автоматизированной системы от автоматической).

Многоуровневое представление ИС - модель представления информационной системы в виде совокупности взаимосвязанных уровней, разделенных по функциональному назначению (рис. 1).

*Рис. 1. Многоуровневое представление информационных систем.*

Аппаратное обеспечение ИС - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы или сети.

Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ и данных, предназначенных для решения определенного круга задач и хранящиеся на машинных носителях.

Программа — последовательность формализованных инструкций, представляющих алгоритм решения некоторой задачи и предназначенная для исполнения устройством управления вычислительной машины. Инструкции программы записываются при помощи машинного кода или специальных языков программирования. В зависимости от контекста термин «программа» может относится к исходным текстам, при помощи которых записывается алгоритм, или к исполняемому машинному коду.

Программист - специалист, занимающийся разработкой и проверкой программ. Различают системных и прикладных программистов.

Пользователь - человек, принимающий участие в управлении объектами и система ми некоторой предметной области и являющийся составным элементом автоматизированной системы.

Прикладное программное обеспечение - программное обеспечение, ориентированное на конечного пользователя и предназначенное для решения пользовательских задач.

Прикладное ПО состоит из:

- отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей;
- автоматизированных систем, созданных на основе этих пакетов.

Пакет прикладных программ - комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области. Обычно применение пакета прикладных программ предполагает наличие специальной документации: лицензионного свидетельства, паспорта, инструкции пользователя и т.п.

## Классификация программного обеспечения

Любая классификация подразумевает выбор некоторого группировочного признака (или нескольких), на основании которого и производится отнесение объектов к тому или иному классу. Так, при классификации программного обеспечения по способу распространения можно выделить следующие категории список не полный):

- Commercial Software - коммерческое (с ограниченными лицензией возможностями на использование), разрабатываемое для получения прибыли.
- Freeware - свободное ПО, распространяемое без ограничений на использование, модификацию и распространение.
- Shareware - условно-бесплатное ПО, с частичными ограничениями при работе в ознакомительном режиме (например, определенное количество запусков программы).
- Abandonware - «заброшенное» ПО, поддержка которого непосредственным разработчиком прекращена, но продолжается третьими лицами (например, партнерами или энтузиастами).
- Adware - ПО, в код которого включены рекламные материалы. Такое ПО распространяется бесплатно, но для отключения рекламных блоков необходима оплата.
- Careware - «благотворительное» ПО, оплату за которое разработчик (или распро странитель) просит переводить на благотворительные нужды.

При классификации программного обеспечения по назначению в качестве критерия используют уровень представления ИС, на который ориентирована та или иная программа.

Соответственно выделяют следующие классы ПО:

1. Системное ПО - решает задачи общего управления и поддержания работоспособности системы в целом. К этому классу относят операционные системы, менеджеры загрузки, драйверы устройств, программные кодеки, утилиты и программные средства защиты информации.
2. Инструментальное ПО включает средства разработки (трансляторы, отладчики, интегрированные среды, различные SDK и т.п.) и системы управления базами данных (СУБД).
3. Прикладное ПО - предназначено для решения прикладных задач конечными пользователями.

Прикладное ПО - самый обширный класс программ, в рамках которого возможна дальнейшая классификация, например, по предметным областям. В этом случае группировочным признаком является класс задач, решаемых программой. Приведем несколько примеров:

- Офисные приложения - предназначены для автоматизации офисной деятельности (текстовые редакторы и процессоры, электронные таблицы, редакторы презентаций и т.п.)
- Корпоративные информационные системы - бухгалтерские программы, системы корпоративного управления, системы управления проектами (Project Management), инструменты автоматизации документооборота (EDM-системы) и управления архивами документов (DWM-системы)
- Системы проектирования и производства - системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD/CAM-системы), системы управления технологическими (SCADA) и производственными (MES) процессами
- Научное ПО - системы математического и статистического расчета, анализа и моделирования
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Системы поддержки принятия решений (СППР)
- Клиенты доступа к сетевым сервисам (электронная почта, веб-браузеры, передача сообщений, чат-каналы, клиенты файлообменных сетей и т.п.)
- Мультимедийное ПО - компьютерные игры, средства просмотра и редактирования аудио- и видеоинформации, графические редакторы и вьюеры, анимационные редакторы и т.п.

С точки зрения конечного пользователя такая классификация оправданна и наглядна, для разработчика же более значимым фактором является структура прикладной программы, в общем случае состоящей из нескольких компонентов. Назначение этих компонентов, связи между ними и способность к взаимодействию определяют интеграцию прикладного ПО. Чем теснее связаны программные компоненты, тем выше степень интеграции.

В зависимости от степени интеграции многочисленные прикладные программные средства можно классифицировать следующим образом[1]:

1. отдельные прикладные программы;
2. библиотеки прикладных программ;
3. пакеты прикладных программ;
4. интегрированные программные системы.

Отдельная прикладная программа пишется, как правило, на некотором высокоуровневом языке программирования (Pascal, Basic и т.п.) и предназначается для решения конкретной прикладной задачи. Такая программа может быть реализована в виде набора модулей, каждый из которых выполняет некоторую самостоятельную функцию (например, модуль пользовательского интерфейса, модуль обработки ошибок, модуль печати и т.п.).
При этом доступ к функциям модулей из внешних программ невозможен.

Библиотека представляет собой набор отдельных программ, каждая из которых решает некоторую прикладную задачу или выполняет определенные вспомогательные функции (управление памятью, обмен с внешними устройствами и т.п.). Библиотеки программ зарекомендовали себя эффективным средством решения вычислительных задач. Они интенсивно используются при решении научных и инженерных задач с помощью ЭВМ.
Условно их можно разделить на библиотеки общего назначения и специализированные библиотеки.

Пакет прикладных программ (ППП) - это комплекс взаимосвязанных программ, ориентированный на решение определенного класса задач. Формально такое определение не исключает из числа пакетов и библиотеки программ, однако у ППП, как отдельной категории, есть ряд особенностей, среди которых: ориентация на решение классов задач, унифицированный интерфейс, наличие языковых средств.

[1] Следует отметить отсутствие безусловных границ между перечисленными формами прикладного программного обеспечения

Интегрированная программная система - это комплекс программ, элементами которого являются различные пакеты и библиотеки программ. Примером служат системы автоматизированного проектирования, имеющие в своем составе несколько ППП различного назначения. Часто в подобной системе решаются задачи, относящиеся к различным классам или даже к различным предметным областям.

## Понятие пакета прикладных программ

Итак, пакет прикладных программ (ППП) – это комплекс взаимосвязанных программ для решения определенного класса задач из конкретной предметной области. На текущем этапе развития информационных технологий именно ППП являются наиболее востребованным видом прикладного ПО. Это связано с упомянутыми ранее особенностями ППП. Рассмотрим их подробней:

- Ориентация на решение класса задач. Одной из главных особенностей является ориентация ППП не на отдельную задачу, а на некоторый класс задач, в том числе и специфичных, из определенной предметной области. Так, например, офисные пакеты ориентированы на офисную деятельность, одна из задач которой - подготовка документов (в общем случае включающих не только текстовую информацию, но и таблицы, диаграммы, изображения). Следовательно, офисный пакет должен реализовывать функции обработки текста, представлять средства обработки табличной информации, средства построения диаграмм разного вида и первичные средства редактирования растровой и векторной графики.
- Наличие языковых средств. Другой особенностью ППП является наличие в его составе специализированных языковых средств, позволяющих расширить число задач, решаемых пакетом или адаптировать пакет под конкретные нужды. Пакет может представлять поддержку нескольких входных языков, поддерживающих различные парадигмы. Поддерживаемые языки могут быть использованы для формализации исходной задачи, описания алгоритма решения и начальных данных, организации доступа к внешним источникам данных, разработки программных модулей, описания модели предметной области, управления процессом решения в диалоговом режиме и других целей. Примерами входных языков ППП являются VBA в пакете MS Office, AutoLISP/VisualLISP в Autodesk AutoCAD, StarBasic в OpenOffice.org

- Единообразие работы с компонентами пакета. Еще одна особенность ППП состоит в наличии специальных системных средств, обеспечивавших унифицированную работу с компонентами. К их числу относятся специализированные банки данных, средства информационного обеспечения, средства взаимодействия пакета с операционной системой, типовой пользовательский интерфейс и т.п.
-

# ТЕМА 1.2 СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ППП

Несмотря на разнообразие конкретных пакетных разработок, их обобщенную внутреннюю структуру можно представить в виде трех взаимосвязанных элементов1 (рис. 2):

1. входной язык (макроязык, язык управления) - представляет средство общения пользователя с пакетом;
2. предметное обеспечение (функциональное наполнение) - реализует особенности конкретной предметной области;
3. системное обеспечение (системное наполнение) - представляет низкоуровневые средства, например, доступ к функциям операционной системы.

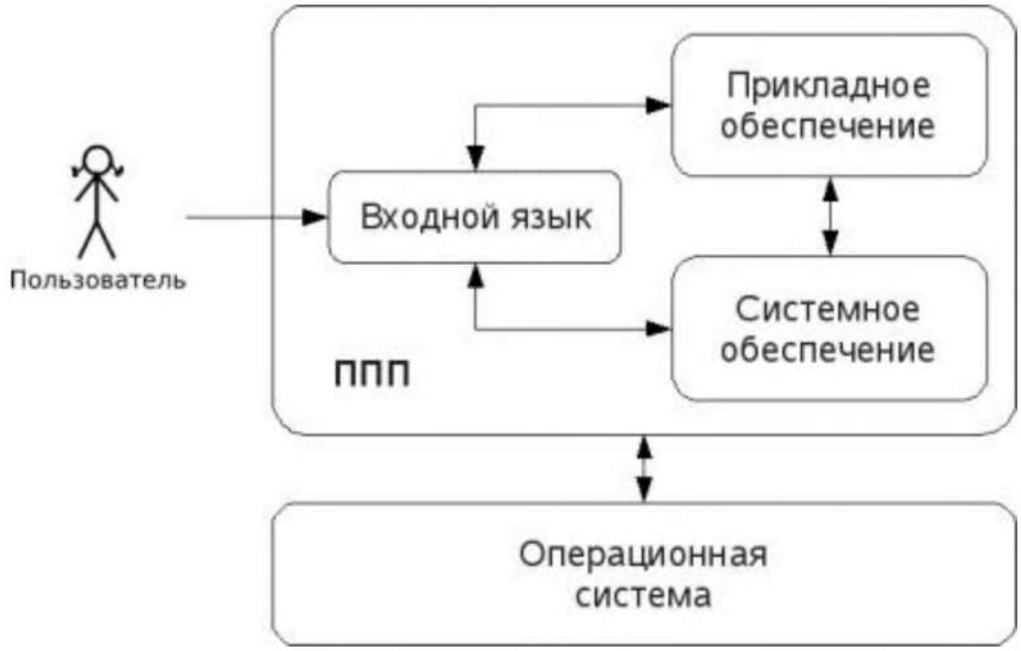



*Рис. 2. Структура ППП.*

Входной язык - основной инструмент при работе пользователя с пакетом прикладных программ. В качестве входного языка могут использоваться как универсальные (Pascal, Basic и

т.п.), так и специализированные, проблемно-ориентированные языки программирования (Cobol - для бизнес-приложений, Lisp - списочные структуры данных, Fortran и MathLAB - математические задачи и т.п.).

Развитый пакет может обладать несколькими входными языками, предназначенными для выполнения различных функций в рамках решаемого класса задач. Так, например, в пакете OpenOffice.org поддерживаются языки StarBasic, Python, JavaScript и Java. StarBasic является основным входным языком, предназначенным для автоматизации работы с пакетом, для этого языка имеется интегрированная среда разработки и встроенный отладчик. Скрипты на языках Python и JavaScript загружаются и исполняются из внешних файлов. На Java (через SDK и функции API OpenOffice) можно создавать модули расширения и полнофункциональные приложения-компоненты.

Входные языки отражают объем и качество предоставляемых пакетом возможностей, а также удобство их использования. Таким образом, именно входной язык является основным показателем возможностей ППП. Однако стоит отметить, что в современных пакетах обращение пользователя к языковым средствам обычно происходит косвенно, через графический интерфейс.

Предметное обеспечение отражает особенности решаемого класса задач из конкретной предметной области и включает:

- программные модули, реализующие алгоритмы (или их отдельные фрагменты) прикладных задач;
- средства сборки программ из отдельных модулей.

Наиболее распространено в настоящее время оформление программных модулей в виде библиотек, подключаемых статически или динамически. В зависимости от использованного разработчиками подхода к проектированию и реализации ППП такие библиотеки содержат встроенные классы и описания их интерфейсов (при использовании объектно-ориентированного программирования). При использовании парадигмы структурного программирования в библиотечных модулях содержатся процедуры и функции, предназначенные для решения некоторых самостоятельных задач. В обоих случаях библиотеки связаны с другими модулями пакета лишь входной и выходной информацией.

Системное обеспечение представляет собой совокупность низкоуровневых средств (программы, файлы, таблицы и т.д.), обеспечивающих определенную дисциплину работы

пользователя при решении прикладных задач и формирующих окружение пакета. К системному обеспечению ППП относят следующие компоненты:

- монитор - программа, управляющая взаимодействием всех компонентов ППП;
- транслятор(ы) с входных языков - для ППП характерно использование интерпретируемых языков;
- средства доступа к данным - драйверы баз данных и/или компоненты, представляющие доступ через унифицированные интерфейсы (ODBC, JDBC, ADO, BDE и т.п.);
- информационно-справочный модуль - предоставляет функции поддержки, среди которых информационные сообщения, встроенная справочная системы и т.п.

различные служебные программы, выполняющие низкоуровневые операции (автосохранение, синхронизация совместно используемых файлов и т.д.)

Приведенная логическая структура ППП достаточна условна и в конкретном ППП может отсутствовать четкое разделение программ на предметное и системное обеспечение. Например, программа планирования вычислений, относящаяся к прикладному обеспечению, может одновременно выполнять и ряд служебных функций (информационное обеспечение, связь с операционной системой и т.п.).

Кроме того, одни и те же программы в одном пакете могут относиться к предметному обеспечению, а в другом - к системному. Так, программы построения диаграмм в рамках специализированного пакета машинной графики естественно отнести к предметному обеспечению. Однако те же программы следует считать вспомогательными и относящимися к системному обеспечению, например, в пакете решения вычислительных задач.

# ТЕМА 1.3 ЭВОЛЮЦИЯ ППП. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ ППП

## Этапы развития ППП

Первые ППП представляли собой простые тематические подборки программ для решения отдельных задач в той или иной прикладной области, обращение к ним выполнялось с помощью средств оболочки ОС или из других программ. Современный пакет является сложной программной системой, включающей специализированные системные и языковые средства. В относительно короткой истории развития вычислительных ППП можно выделить *4 основных поколения* (класса) пакетов. Каждый из этих классов характеризуется определенными

особенностями входящих состав ППП компонентов - входных языков, предметного и системного обеспечения.

**Первое поколение**

В качестве входных языков ППП первого поколения использовались универсальные языки программирования (Фортран, Алгол-60 и т.п.) или языки управления заданиями соответствующих операционных систем. Проблемная ориентация входных языков достигалась за счет соответствующей мнемоники в идентификаторах. Составление заданий на таком языке практически не отличалось от написания программ на алгоритмическом языке.

Предметное обеспечение первых ППП, как правило, было организовано в форме библиотек программ, т.е. в виде наборов (пакетов) независимых программ на некотором базовом языке программирования (отсюда впервые возник и сам термин «пакет»). Такие ППП иногда называют *пакетами библиотечного типа*, или *пакетами простой структуры*.

В качестве системного обеспечения пакетов первого поколения обычно использовались штатные компоненты программного обеспечения ЭВМ: компиляторы с алгоритмических языков, редакторы текстов, средства организации библиотек программ, архивные системы и т.д. Эти пакеты не требовали сколько-нибудь развитой системной поддержки, и для их функционирования вполне хватало указанных системных средств общего назначения. В большинстве случаев разработчиками таких пакетов были прикладные программисты, которые пытались приспособить универсальные языки программирования к своим нуждам.

**Второе поколение**

Разработка ППП второго поколения осуществлялась уже с участием системных программистов. Это привело к появлению специализированных входных языков на базе универсальных языков программирования. Проблемная ориентация таких языков достигалась не только за счет использования определенной мнемоники, но также применением соответствующих языковых конструкций, которые упрощали формулировку задачи и делали ее более наглядной. Транслятор с такого языка представлял собой препроцессор (чаще всего макропроцессор) к транслятору соответствующего алгоритмического языка.

В качестве модулей в пакетах этого класса стали использоваться не только программные единицы (т.е. законченные программы на том или ином языке программирования), но и такие объекты, как последовательность операторов языка программирования, совокупность данных, схема счета и др.

Существенные изменения претерпели также принципы организации системного обеспечения ППП. В достаточно развитых пакетах второго поколения уже можно выделить элементы системного обеспечения, характерные для современных пакетов: монитор, трансляторы с входных языков, специализированные банки данных, средства описания модели предметной области и планирования вычислений и др.

**Третье поколение**

Третий этап развития ППП характеризуется появлением самостоятельных входных языков, ориентированных на пользователей-непрограммистов. Особое внимание в таких ППП уделяется системным компонентам, обеспечивающим простоту и удобство. Это достигается главным образом за счет специализации входных языков и включения в состав пакета средств автоматизированного планирования вычислений.

**Четвертое поколение**

Четвертый этап характеризуется созданием ППП, эксплуатируемых в интерактивном режиме работы. Основным преимуществом диалогового взаимодействия с ЭВМ является возможность активной обратной связи с пользователем в процессе постановки задачи, ее решения и анализа полученных результатов. Появление и интенсивное развитие различных форм диалогового общения обусловлено прежде всего прогрессом в области технических средств (графическая подсистема ЭВМ и средства мультимедиа, сетевые средства). Развитие аппаратного обеспечения повлекло за собой создание разнообразных программных средств поддержки диалогового режима работы (диалоговые операционные системы, диалоговые пакеты программ различного назначения и т. д.).

Прикладная система состоит из *диалогового монитора* - набора универсальных программ, обеспечивающих ведение диалога и обмен данными, и базы знаний об области. Информация о структуре, целях и форма диалога задает сценарий, в соответствии с который монитор управляет ходом диалога. Носителями процедурных знаний о предметной области являются прикладные модули, реализующие функции собственной системы. Таким образом, создание прикладной системы сводится к настройке диалогового монитора на конкретный диалог, путем заполнения базы знаний. При этом программировать в традиционном смысле этого слова приходится лишь прикладные модули, знания о диалоге вводятся в систему с помощью набора соответствующих средств - редактора сценариев. Логично требовать, чтобы редактор сценариев также представлял собой диалоговую программу, отвечавшую

рассмотренным выше требованиям. Благодаря готовому универсальному монитору программист может сосредоточиться на решении чисто прикладных задач, выделение же знаний о диалоге в сценарий обеспечивает в значительной степени необходимая гибкость программного продукта.

Большое внимание в настоящее время уделяется проблеме создания *«интеллектуальных ППП»*. Такой пакет позволяет конечному пользователю лишь сформулировать свою задачу в содержательных терминах, не указывая алгоритма ее решения. Синтез решения и сборка целевой программы производятся автоматически. При этом детали вычислений скрыты от пользователя, и компьютер становится интеллектуальным партнером человека, способным понимать его задачи. Предметное обеспечение подобного ППП представляет собой некоторую базу знаний, содержащую как процедурные, так и описательные знания. Такой способ решения иногда называют концептуальным программированием, характерными особенностями которого является программирование в терминах предметной области использование ЭВМ уже на этапе постановки задач, автоматический синтез программ решения задачи, накопление знаний о решаемых задачах в базе знаний.

## Краткий обзор некоторых ППП

Для иллюстрации ранее рассмотренных материалов приведем несколько примеров современных пакетов прикладных программ из различных предметных областей. Учитывая, что постоянно появляются новые версии программных продуктов, здесь будут рассматриваться не возможности конкретных версий, а лишь основные структурные компоненты, входящие в состав того или иного пакета.

**Autodesk AutoCAD**

Основное назначение ППП AutoCAD - создание чертежей и проектной документации. Современные версии этого пакета представляют существенно большие возможности, среди которых построение трехмерных твердотельных моделей, инженерно-технические расчеты и многое другое.

Первые версии системы AutoCAD, разрабатываемой американской фирмой Autodesk, появились еще в начале 80-х годов двадцатого века, и сразу же привлекли к себе внимание своим оригинальным оформлением и удобством для пользователя. Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм сделали

AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения для автоматизированного проектирования.

***Языковые средства***

В основе языковых средств ППП AutoCAD - технология Visual LISP, базирующаяся на языке AutoLISP (подмножество языка LISP) и используемая для создания приложений и управления в AutoCAD. Visual LISP представляет полное окружение, включающее:

- Интегрированную среду разработки, облегчающую написание, отладку и сопровождение приложений на AutoLISP
- Доступ к объектам ActiveX и обработчикам событий
- Защиту исходного кода
- Доступ к файловым функциям операционной системы
- Расширенные функции языка LISP для обработки списочных структур данных.

Для разработчиков совместимых приложений в AutoCAD включена поддержка ObjectARX. Это программное окружение представляет объектно-ориентированный интерфейс для приложений на языках C++, C# и VB.NET и обеспечивает прямой доступ к структурам БД, графической подсистеме и встроенным командам пакета.

Кроме того, в AutoCAD имеется поддержка языка Visual Basic for Applications (VBA), что позволяет использовать этот пакет совместно с другими приложениями, в частности, из семейства Microsoft Office.

***Предметное обеспечение***

К предметному обеспечению пакета в первую очередь относятся функции построения примитивов - различных элементов чертежа. Простые примитивы - это такие объекты как точка, отрезок, круг (окружность) и т.д. К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мультитекст (многострочный текст), размер, выноска, допуск, штриховка, вхождение блока или внешней ссылки, атрибут, растровое изображение. Кроме того, есть пространственные примитивы, видовые экраны и пр. Операции построения *большей части* примитивов могут быть выполнены через пользовательский интерфейс, *все* - через команды языка.

Высокоуровневые средства представлены расширениями и приложениями AutoCAD для конкретных предметных областей. Например в машиностроении используется Autodesk

Mechanical Desktop - предназначенный для сложного трехмерного моделирования, в том числе валов и пружин. Для проектирования деталей из листовых материалов предназначена система Copra Sheet Metal Bender Desktop (разработчик - Data-M Software GmbH). Моделирование динамики работы механизмов может выполняться в системе Dynamic Designer (Mechanical Dynamics). В числе известных архитектурных и строительных приложений можно отметить системы АРКО (АПИО-Центр), СПДС GraphiCS (Consistent Software), ArchiCAD. Для проектирования промышленных объектов может использоваться система PLANT-4D (CEA Technology). Это лишь некоторые из областей использования AutoCAD.

***Системное обеспечение***

Среди системного обеспечения следует отметить основной формат файлов AutoCAD .dwg, который стал стандартом «де факто» для прочих САПР.

К системному же обеспечению относятся типовые и специализированные библиотеки деталей и шаблонов, использование которых позволяет существенно ускорить процесс проектирования. Здесь же упомянем требования отраслевых и государственных стандартов, которым должны соответствовать чертежи и спецификации.

Конфигурация и настройки различных режимов AutoCAD устанавливаются через т.н. системные переменные. Изменяя их значения можно задавать пути к файлам, точность вычислений, формат вывода и многое другое.

**Adobe Flash**

Adobe (ранее Macromedia) Flash - это технология и инструментарий разработки интерактивного содержания с большими функциональными возможностями для цифровых, веб- и мобильных платформ. Она позволяет создавать компактные, масштабируемые анимированные приложения (ролики), которые можно использовать как отдельно, так и встраивая в различное окружение (в частности, в веб-страницы). Эти возможности обеспечиваются следующими компонентами технологии: языком Action Script, векторным форматом .swf и видеоформатом .flv, всевозможными flash-плейерами для просмотра и редакторами для создания.

Рассмотрим интегрированную среду Adobe Flash как основное средство создания flash-приложений. При этом отметим, что языковые и системные средства относятся не только к этому пакету, а к технологии в целом.

***Язык ActionScript***

ActionScript — объектно-ориентированный язык программирования, который добавляет интерактивность, обработку данных и многое другое в содержимое Flash-приложений. Синтаксис ActionScript основан на спецификации ECMAScript (сюда же относятся языки JavaScript и JScript). Библиотека классов ActionScript, написанная на C++, представляет доступ к графическим примитивам, фильтрам, принтерам, геометрическим функциям и пр.

ActionScript как язык появился с выходом 5 версии Adobe (тогда еще Macromedia) Flash, которая стала первой программируемой на ActionScript средой. Первый релиз языка назывался ActionScript 1.0. Flash 6 (MX). В 2004 году Macromedia представила новую версию ActionScript 2.0 вместе с выходом Flash 7 (MX 2004), в которой было введено строгое определение типов, основанное на классах программирование: наследование, интерфейсы и т. д. Также Macromedia была выпущена модификация языка Flash Lite для программирования под мобильные телефоны. ActionScript 2.0 является не более чем надстройкой над ActionScript 1.0, то есть на этапе компиляции ActionScript 2.0 осуществляет некую проверку и превращает классы, методы ActionScript 2.0 в прежние прототипы и функции ActionScript 1.0.

В 2005 году вышел ActionScript 3.0 в среде программирования Adobe Flex, а позже в Adobe Flash 9.

ActionScript 3.0 (текущая версия на момент подготовки этого материала) представляет, по сравнению с ActionScript 2.0 качественное изменение, он использует новую виртуальную машину AVM 2.0 и дает взамен прежнего формального синтаксиса классов настоящее классовое (class-based) Объектно-ориентированное программирование. ActionScript 3.0 существенно производительней предыдущих версий и по скорости приблизился к таким языкам программирования, как Java и C++.

С помощью ActionScript можно создавать интерактивные мультимедиа-приложения, игры, веб-сайты и многое другое.

***Системное обеспечение***

ActionScript исполняется виртуальной машиной (ActionScript Virtual Machine), которая является составной частью Flash Player. ActionScript компилируется в байткод, который включается в SWF-файл.

SWF-файлы исполняются Flash Player-ом. Flash Player существует в виде плагина к веб-браузеру, а также как самостоятельное исполняемое приложение. Во втором случае возможно создание исполняемых exe-файлов, когда swf-файл включается во Flash Player.

Для создания и просмотра видеофайлов в формате flv используются программные кодеки, поддерживающие этот формат.

***Прикладное обеспечение***

К прикладному обеспечению в рамках технологии Flash относятся средства создания роликов в форматах .swf, .flv и .exe. Основным инструментом является среда среда Adode Flash, включающая различные средства для создания и редактирования мультимедийного содержания, в т.ч. видео- и аудиофайлов, интегрированную среду разработки на ActionScript и множество дополнительных функций упрощения процесса создания роликов.

**Пакет MatLab**

MatLab (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, и язык программирования, используемый в этом пакете. По данным фирмы-разработчика, более 1000000 инженерных и научных работников используют этот пакет, который работает на большинстве современных операционных систем, включая GNU/Linux, Mac OS, Solaris и Microsoft Windows.

***Язык MatLab***

MATLAB как язык программирования был разработан Кливом Моулером (англ. Cleve Moler) в конце 1970-х годов. Целью разработки служила задача использования программных математических библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения языка Фортран. Акцент был сделан на матричные алгоритмы.

Программы, написанные на MATLAB, бывают двух типов — функции и скрипты. Функции имеют входные и выходные аргументы, а также собственное рабочее пространство для хранения промежуточных результатов вычислений и переменных. Скрипты же используют общее рабочее пространство. Как скрипты, так и функции не компилируются в машинный код, а сохраняются в виде текстовых файлов. Существует также возможность сохранять так называемые pre-parsed программы — функции и скрипты, приведенные в вид, удобный для машинного исполнения и, как следствие, более быстрые по сравнению с обычными.

***Системное обеспечение***

Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Имеются интерфейсы для получения доступа к внешним данным, клиентам и серверам, общающимся через технологии Component Object Model (COM) или Dynamic Data Exchange (DDE), а также периферийным устройствам, которые взаимодействуют напрямую с MATLAB. Многие из этих возможностей известны под названием MATLAB API.

Встроенная среда разработки позволяет создавать графические интерфейсы пользователя с различными элементами управления, такими как кнопки, поля ввода и другими. С помощью компонента MATLAB Compiler эти графические интерфейсы могут быть преобразованы в самостоятельные приложения.

Для MATLAB имеется возможность создавать специальные наборы инструментов (англ. toolbox), расширяющие его функциональность. Наборы инструментов представляют собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определенного класса задач.

***Прикладное обеспечение***

MATLAB предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием концепций объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер.

MATLAB предоставляет пользователю большое количество (несколько сотен) функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.

- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.
- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета MATLAB, использующийся в специализированных приложениях.

В составе пакета имеется большое количество функций для построения графиков, в том числе трехмерных, визуального анализа данных и создания анимированных роликов, функции для создания алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений.

# ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE

## ТЕМА 2.1 СТРУКТУРА И СОСТАВ MS OFFICE. ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

### Структура MS Office и назначение компонентов

ППП Microsoft Office - это совокупность программных средств автоматизации офисной деятельности. В состав пакета входит множество приложений, каждое из которых предназначено для выполнения определенных функций и может быть использовано автономно и независимо от остальных. Весь набор офисных приложений можно разделить на *основные* и *дополнительные*.

**Основные компоненты Microsoft Office**

Список и назначение основных компонентов, входящих в состав Microsoft Office приведен в таб. 1.

*Таблица 1. Основные компоненты Microsoft Office*

| Название приложения | Функциональное назначение приложения |
|---|---|
| Microsoft Word | Текстовый процессор |
| Microsoft Excel | Табличный процессор |
| Microsoft PowerPoint | Система подготовки презентаций |
| Outlook | Система управления персональной информацией |

| | |
|---|---|
| Microsoft Access | Система управления базами данных |
| Microsoft Binder | Система управления подшивками |
| Microsoft FrontPage | Система управления Web-узлами |
| Microsoft PhotoDraw | Графический редактор |
| Microsoft Publisher | Настольная издательская система |
| Microsoft Project | Система управления проектами |
| Microsoft Team Manager | Система управления персоналом |

**Дополнительные компоненты MS Office**

Кроме основных компонентов, в семейство Microsoft Office входит большое количество вспомогательных приложений, которые устанавливаются (или не устанавливаются) вместе с основными. Ими можно воспользоваться из основных приложений или вызвать независимо. В таб. 2 перечислены некоторые из вспомогательных приложений.

*Таблица 2. Некоторые вспомогательные приложения Microsoft Office*

| **Название приложения** | **Функциональное назначение приложения** |
|---|---|
| Microsoft Query | Интерпретатор запросов к внешним базам данных |
| Microsoft Organization Chart | Программа рисования блок-схем |
| Microsoft WordArt | Программа создания фигурных текстов |
| Microsoft Equation | Редактор математических формул |
| Microsoft Map | Программа отображения данных на географических картах |
| Microsoft Graph | Программа построения диаграмм |
| Microsoft Photo Editor | Графический редактор |
| Microsoft Draw | Средство рисования |
| Microsoft Find Fast | Служба индексации документов |
| Microsoft Extended Finder | Средство поиска документов в папках файловой системы и электронной почты |
| Microsoft Script Editor | Редактор сценариев |
| Microsoft ClipArt | Коллекция картинок и клипов |

| | |
|---|---|
| Панель Microsoft Office | Средство быстрого доступа к приложениям Office |

Кроме основных и вспомогательных приложений, могут быть установлены и использованы различные расширения (надстройки). Их можно условно разделить на три группы:

1. *Самостоятельные приложения*, разработанные фирмой Microsoft, которые являются компонентами семейства Microsoft Office, но формально не входят в состав пакета. Примерами являются приложения Microsoft Project и Microsoft Team Manager.
2. *Надстройки* над компонентами Microsoft Office, разработанные фирмой Microsoft и представляющие собой дополнительные функции. Как правило, надстройки оформляются не в виде готовых к выполнению программ, а в виде документов специального типа: шаблонов, рабочих книг, библиотек динамической компоновки (DLL) и т.п.
3. *Приложения третьих фирм*, разработанные для пользователей Microsoft Office. В этот класс попадают как продукты сторонних фирм, так и собственные разработки пользователей. Сюда можно отнести средства распознавания текстов (OCR), автоматического перевода текста, средства управления большими массивами документов (перечисленные задачи не реализованы или слабо развиты в самом пакете MS
   Office).

Приведенный перечень основных компонентов носит условный характер, поскольку состав пакета зависит от следующих факторов:

1. *Устанавливаемый комплект (или редакция) пакета.* Пакет выпускается в нескольких редакциях, и состав приложений в разных редакциях различен.
2. *Источник установки. Установка* может быть выполнена с компакт-диска или с сетевого сервера. Наборы файлов, которые устанавливаются на компьютер, существенно различаются.
3. *Операционная система.* Microsoft Office может работать под управлением различных ОС: MS Windows и Mac OS. Эти операционные системы могут иметь разные версии и модификации, что также влияет на состав устанавливаемых компонентов.

4. *Наличие на компьютере в момент установки предшествующих версий*. Некоторые компоненты старых версий автоматически включаются в состав обновляемой версии Microsoft Office (если они уже установлены на компьютере).
5. *Параметры, заданные при установке*. В случае так называемой выборочной (т.е. по выбору пользователя) установки, можно указать несколько десятков независимых параметров, влияющих на состав пакета.

Несмотря на большое число различных приложений в составе пакета, все они в совокупности образуют единое целое. Для каждого из приложений MS Office характерно наличие следующих отличительных признаков:

1. совместимость по данным;
2. унифицированный интерфейс;
3. единые средства программирования.

## Документы Microsoft Office

Единица данных самого верхнего уровня структуризации в Microsoft Office называется **документом**.

Документы классифицируются по типам в зависимости от того, какого сорта информация в них хранится. Как правило, документы разных типов обрабатываются разными приложениями Microsoft Office. Основные типы документов, с которыми работают программы Microsoft Office, перечислены в таб. 3.

*Таблица 3. Основные типы документов Microsoft Office*

| Название | Расширение | Приложение | Краткое описание |
|---|---|---|---|
| Документ | .doc | Word | Основной тип документов Word. Содержит форматированный текст, т.е. текст с дополнительной информацией о шрифтах, отступах, интервалах и т.п., а также рисунки, таблицы и другие элементы |
| Рабочая книга | .xls | Excel | Основной тип документов Excel. Содержит данные различных типов: формулы, диаграммы и макросы |
| База данных | .mdb | Access | Основной тип документов Access. Содержит как собственно базу данных, то есть совокупность таблиц, так и соответствующие запросы, макросы, модули, формы и отчеты |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Презентация | .ppt | PowerPoint | Основной тип документов PowerPoint. Содержит презентацию, состоящую из набора слайдов, заметок выступающего, раздаточных материалов и другой информации |
| Публикация | .pub | Publisher | Основной тип документов Publisher. Как и Word, содержит форматированный текст, рисунки, таблицы и т.п. |
| План проекта | .mpp | Project | Основной тип документов Project. Содержит календарный план проекта, описание задач, ресурсов и их взаимосвязи |

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: входящие в состав пакета MS Office приложения способны тесно взаимодействовать при решении прикладных задач; они создают единую информационную среду и позволяют обмениваться объектами. Документы Microsoft Office являются частными примерами объектов. Поэтому Microsoft Office является *документо-ориентированным пакетом* (средой).

## Программная среда

Основным средством разработки приложений в MS Office является комплексное решение на основе языка Visual Basic, а именно - Visual Basic for Application (VBA). Эта технология включает макрорекордер, интерпретатор Visual Basic, интегрированную среду разработки с встроенным отладчиком, библиотеки времени выполнения (runtime library) и библиотеки типов, представляющие объекты пакета. Эти средства позволяют расширять функциональность пакета и адаптировать его к решению специализированных задач.

## Интерфейс MS Office

Приложения Microsoft Office имеют унифицированный интерфейс, суть которого заключается в следующем: сходные функции имеют одинаковое обозначение (название команды или значок на кнопке), а несходные функции имеют различные обозначения.

В большей степени унификация коснулась интерфейсов таких приложений, как Microsoft Word, Microsoft Excel и Microsoft PowerPoint.

Одним из достоинств пакета Microsoft Office является последовательное использование графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI), представляемого операционной системой и различных элементов управления. Как

правило, отдельные элементы группируются в более крупные конструкции, такие как окна, панели инструментов, меню. Рассмотрим характеристику каждой из этих групп.

**Оконный интерфейс**

Оконный интерфейс - такой способ организации пользовательского интерфейса программы, когда каждая интегральная часть располагается в *окне* — собственном субэкранном пространстве, находящемся в произвольном месте «над» основным экраном. Несколько окон одновременно располагающихся на экране могут перекрываться, находясь
«выше» или «ниже» друг относительно друг

В MS Office использует окна четырех типов:

- окно приложения;
- окно документа; • диалоговое окно;
- форма.

**Панели инструментов**

Панели инструментов - это элементы пользовательского интерфейса, на которых могут располагаются такие элементы управления, как кнопки быстрого вызова и раскрывающиеся списки. Панели инструментов разных приложений могут содержать кнопки, сходные по функциям и внешнему виду, что упрощает освоение интерфейса Microsoft Office.

Панели инструментов могут быть:

- пристыкованными вдоль границы окна приложения;
- плавающими, т.е. находится в любой части окна приложения;
- представленными в отдельных окнах; в этом случае форму и размеры панели инструментов можно менять произвольно.

**Меню**

Меню представляет доступ к иерархическим спискам доступных команд. Результатом выбора команды из меню может быть:

- непосредственное выполнение некоторого действия;
- раскрытие еще одного меню;

- раскрытие диалогового окна или формы.

Меню интерфейса Microsoft Office, кроме строки меню любого приложения, можно разделить (по способу перехода к ним) на раскрывающиеся и контекстные (или всплывающие).

**Элементы управления**

*Элементы управления* - это объекты оконного интерфейса, реализующие типовые операции с интерфейсом: щелчок мышью, выбор из списка, выбор вариантов, прокрутка и т.п. К элементам управления относятся следующие: кнопки, текстовые поля (или поля ввода), флажки, переключатели, списки и раскрывающиеся списки, полосы прокрутки, палитры, счетчики и прочие, специфичные для некоторых приложений или условий.

# ТЕМА 2.2 ВВЕДЕНИЕ В ОФИСНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Офисное программирование — это процесс разработки приложений, предназначенных для автоматизации офисной деятельности с использованием специализированных пакетов (MS Office, OpenOffice.org или подобных).

Офисное программирование имеет ряд особенностей, отличающих его от программирования в общем смысле:

- цели разработки;
- область применения;
- макроязык;
- среда разработки;
- поддержка объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим эти особенности на примере MS Office.

## Цели разработки

В офисной среде *программный проект неразрывно связан с документом*, хранится как часть документа и не может существовать независимо от него. *Документ, а не программа, является целью разработки.*

Стандартные возможности среды по работе с документами велики. Однако возможность изменить типовой документ, снабдив его дополнительными функциями – это одна из важнейших задач офисного программирования. Для ее решения офисная среда представляет совокупность библиотек классов, которые составляют каркас (Framework)

текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, баз данных и приложений на основе этих документов. Всякий раз, когда создается новый документ, его каркас составляют объекты библиотек, заданные по умолчанию. Этот каркас можно существенно изменить, добавив в документ новые свойства. Расширение каркаса не требует от программиста значительных усилий – достаточно включить в него необходимые библиотеки классов.

## Область применения

Область применения офисного программирования широка – от настройки отдельных документов до решения задач автоматизации офисной деятельности масштаба предприятия, в т.ч. ориентированных на совместную работу в глобальной сети.

## Visual Basic for Application

*Visual Basic для приложений (Visual Basic for Application, VBA)* – это инструмент разработки приложений, который позволяет создавать программные продукты, решающие практически все задачи, встречающиеся в среде Windows. Эти продукты можно использовать, например, для оформления документов (подготовки текстов) или анализа данных таблиц (электронных таблиц). VBA – уникальное приложение, поскольку оно встраивается в другое приложение и расширяет его функциональные возможности.

Visual Basic for Application (VBA) - стандартный макроязык пакета Microsoft Office, предназначенный для расширения функциональных возможностей приложения в котором используется.

С помощью VBA можно:

- создать собственное диалоговое окно и придать ему требуемый внешний вид;
- создать макросы, расширяющие функциональные возможности приложения, в которое встроен VBA;
- изменить меню приложения Microsoft Office;
- управлять другим приложением Microsoft Office или принадлежащими ему данными;
- объединить данные из нескольких приложений Microsoft Office в одном документе;
- автоматически создавать или изменять страницы Web, совместно используя приложения Microsoft Office и VBA.

Для разработчика доступны следующие инструменты и средства, которые используются при создании проекта VBA:

- отладка приложений без предварительной компиляции;
- средства Win32 API;
- SQL и объекты доступа к данным для управления данными и извлечения их из внешних источников данных, таких как Microsoft SQL Server;
- построение и проверка элементов интерфейса непосредственно в среде разработки VBA (Integrated Development Environment, IDE);
- связывание программ и процедур с событиями, которые возникают в приложениях VBA.

## Среда разработки

Среда приложений Office ориентирована в первую очередь на пользователей, а не на программистов и в ней можно создавать документы без всякого программирования. Поэтому программист обычно начинает работать с документами не на пустом месте, а с их заготовками, созданными пользователями, т.е. и сам программист может выступать в роли пользователя. Средства совместной работы над документами Office обеспечивают одновременную работу программистов и пользователей.

Среда MS Office предлагает два способа создания программ, отличающихся подходом к процессу: использование макрорекордера и ручное кодирование (на языке VBA). Эти подходы ориентированы на разные категории: непосредственно пользователей и программистов соответственно.

*Макрорекордер (MacroRecorder)* – это программный инструмент, записывающий действия пользователя при работе с документами и приложениями, с сохранением записи в виде макроса -исходного кода на языке VBA. При вызове сохраненного макроса воспроизводится вся сохраненная последовательность действий.

Макрорекордер представляет возможность создания программного проекта или, по крайней мере, его отдельных компонентов автоматически, без программирования. Для записи и воспроизведения макроса не требуется специальных знаний, поэтому пользователь может самостоятельно создавать программы (макросы), в общем случае даже не представляя себе, как они работают.

Для программиста макрорекордер полезен тем, что позволяет создавать фрагменты программы автоматически, тем самым увеличивая скорость разработки и уменьшая время отладки.

*Интегрированная среда разработки* на VBA (Visual Basic Environment, VBA) - встроенное в MS Office средство для написания, тестирования и отладки приложений на VBA. Среда VBA представляет все возможности для создания законченных офисных приложений, включая средства визуального проектирования пользовательского интерфейса. VBA ориентирована на использование программистами для разработки офисных приложений (это отнюдь не означает, что пользователи не могут применять VBA).

## Поддержка ООП

Разработка приложений для MS Office тесно связана с парадигмой объектно-ориентированного программирования. Все документы (более того, сами компоненты пакета) в MS Office - суть объекты, наделенные собственными наборами свойств (характеристик объекта), методов (подпрограмм управления свойствами) и событий (подпрограмм, обрабатывающих изменения состояния объекта в результате некоторых действий). Соответственно, для обеспечения более полной интеграции с пакетом, входной язык (VBA) также поддерживает ООП.

Все объекты приложения MS Office образуют иерархическую структуру, которая определяет связь между ними и способ доступа. Такая структура называется объектной моделью (object model). За рамки объектной модели выходят, но также могут использоваться в офисных приложениях, внешние объекты, поддерживающие технологии DDE, OLE/ActiveX и ряд других.

В объектно-ориентированную концепцию удачно вписывается технология *визуального программирования*. Все отображаемые элементы графического интерфейса, такие как формы, элементы управления, меню и панели инструментов являются объектами, наделенными набором свойств и методов и способными реагировать на события (например, щелчки мыши, нажатия клавиш и т.п.). При визуальном подходе не требуется программного задания (хотя это и возможно) их основных свойств (например, ширина или высота, цвет фона и т.п.). Эти свойства можно задать при помощи мыши (например, ширину и высоту формы путем операции "перетаскивания" маркеров) или

установить их в окне свойств (название формы, цвет фона формы и т. д.). Таким образом, визуальное программирование делает проектирование интерфейса программы более наглядным и быстрым. При этом сохраняется возможность управлять всеми объектами и программно.

## Преимущества офисного программирования

Преимущества, которые получает конечный пользователь, использующий программируемые офисные документы:

- Пользователь получает документы, обладающие новыми функциями и способные решать задачи, характерные для проблемной области пользователя.
- Пользователь находится в единой офисной среде независимо от того, с каким документом он работает в данный момент и какой программист разрабатывал этот документ.
- Большинство доступных при работе с документами функций являются общими для всех документов, поскольку их предоставляет сама офисная среда. Единый стиль интерфейса разных документов облегчает работу с ними.
- Пользователь сам, не будучи программистом, способен создавать простые виды программируемых офисных документов, постепенно совершенствуясь в этой деятельности.

Преимущества, которые получает программист, работающий в Office:

- В распоряжении программиста находится мощная интегрированная среда. Для него эта среда представлена в виде совокупности хорошо организованных объектов, доступных в языке программирования и по принципу работы ничем не отличающихся от встроенных объектов языка или объектов, создаваемых самим программистом.
- Большинство повседневных задач становятся для него простыми, – чтобы их решить, зачастую достаточно стандартных средств.
- Там, где стандартных средств не хватает, где у документа должны появиться новые функциональные возможности, где необходимо создать документ по заказу, вступает в силу язык программирования – VBA, существенная особенность которого – возможность работы с объектами любого из приложений Office.

- Офисное программирование позволяет применять на практике идеи компонентного программирования. Компонентный подход предполагает взаимодействие компонентов, создаваемых в разных программных средах, на разных языках, на разных платформах и находящихся на разных машинах. Работа с компонентами (DLL, ActiveX, AddIns, ComAddIns) является неотъемлемой частью офисного программирования.

# ТЕМА 2.3 МАКРОСЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОРЕКОРДЕРА

## Макросы

Независимо от используемых операционной системы и программных приложений MS Office пользователь часто выполняет одни и те же последовательности команд для многих рутинных задач. Вместо повторения последовательности команд каждый раз, когда необходимо выполнить какую-либо задачу, можно создать макрос (macro), который вместо пользователя будет выполнять эту последовательность. Термин macro произошел от греческого слова, означающего расширенный или растянутый.

**Макрос** – это программа (в контексте офисного программирования - созданная автоматически), состоящая из списка команд, которые должны быть выполнены приложением.

Основными преимуществами использования макросов являются:

- повышение точности и скорости работы, поскольку компьютеры лучше приспособлены для выполнения повторяющихся задач, чем человек;
- при выполнении макросов обычно нет необходимости в присутствии человека-оператора; в случае, если макрос очень длинный и выполняет операции, требующие значительного времени (например, поиск в базе данных и сортировка), пользователь может переключиться на другое приложение.

Макрос служит для объединения нескольких различных действий в одну процедуру, которую можно легко вызвать. Этот список команд состоит в основном из макрокоманд, которые тесно связаны с приложением, в котором создается макрос – т.е. с командами Word, Excel или других приложений Microsoft Office.

Можно выделить *три основные разновидности макросов*:

1. *Командные макросы* – это наиболее распространенные макросы, обычно состоящие из операторов, эквивалентным тем или иным командам меню или параметрам диалоговых окон. Основным предназначением такого макроса является выполнение действий, аналогичных командам меню – т.е. изменение окружения и основных объектов приложения.
2. *Пользовательские функции* – работают аналогично встроенным функциям приложения. Отличие этих функций от командных макросов состоит в том, что они используют значения передаваемых им аргументов, производят некоторые вычисления и возвращают результат в точку вызова, но не изменяют среды приложения.
3. *Макрофункции* – представляют сочетание командных макросов и пользовательских функций. Они могут использовать аргументы и возвращать результат, подобно пользовательским функциям, а также могут изменять среду приложения, как и командные макросы. Чаще всего эти макросы вызываются из других макросов, и активно используются для модульного программирования.

Поддержка макросов позволяет порой обойтись вообще безо всякого программирования: достаточно включить автоматическую запись выполняемых пользователем действий и в результате получить готовый макрос, а затем назначить ему кнопку на панели инструментов или новую команду меню, которые будут использоваться для вызова. Простые макросы удается создавать, не написав вручную ни одной строки программного кода.

Для разработки же серьезных приложений приходится программировать.

Таким образом, различают 2 способа разработки макроса:

- автоматическое создание, с использованием макрорекордера;
- написание макроса "с нуля", используя язык программирования VBA.

Отметим, что возможен и комбинированный подход: фрагменты будущей программы записываются автоматически, а затем они корректируются и дополняются "рукописным" кодом.

Для записи макросов из приложений Microsoft Office используется **макрорекордер**. Это встроенный инструмент, который фиксирует все действия пользователя, включая ошибки и неправильные запуски. При выполнении макроса интерпретируется каждая

записанная макрорекордером команда точно в такой последовательности, в которой пользователь выполнял их во время записи.

Для **записи макроса** в приложении Microsoft Office можно использовать меню "Сервис/Макрос/Начать запись" или выбрать кнопку "Записать макрос" на панели инструментов Visual Basic. До начала записи нужно указать имя макроса и определить, где он будет храниться и как будет доступен. Затем выполнить действия, которые требуется сохранить в макросе. Для завершения записи нужно на панели инструментов "Остановка записи" щелкнуть кнопку "Остановить запись".

Для **выполнения макроса** необходимо:

1. Установить курсор в место вставки выполнения макроса.
2. Выбрать пункт меню "Сервис/Макрос/Макросы".
3. В появившемся диалоговом окне "Макрос" выбрать имя нужного макроса и выбрать "Выполнить".

Чтобы **просмотреть код** записанного макроса, надо выбрать меню "Сервис/Макрос/Макросы". В появившемся диалоговом окне выбрать имя нужного макроса и щелкнуть кнопку "Изменить". Исходный код указанного макроса будет загружен в окно редактора Visual Basic.

## Структура записанного макроса

Макросы, создаваемые макрорекордером MS Office, сохраняются в специальной части файла данных, называемой *модулем*. Модуль VBA содержит исходный код программы на языке VBA. Фактически макрос является подпрограммой (а точнее, процедурой) VBA. Записанный макрос имеет строго определенную структуру. Ниже представлен исходный код простого макроса, созданного в Microsoft Word.

**Листинг 1. Пример макроса**

```
Sub Hello()
' Макрос изменяет размер, начертание шрифта, выравнивание абзаца и
' выводит надпись в активный документ MS Word
'
    Selection.Font.Size = 24
    Selection.Font.Bold = wdToggle
    Selection.ParagraphFormat.Alignment = wdAlignParagraphCenter
```

```
    Selection.TypeText Text:="Hello, World!"
End Sub
```

В общем виде структуру кода макроса можно представить следующим образом[2]:

```
Sub имяМакроса ()
' текст комментария
    Оператор1
    Оператор2 ...
    ОператорN
End Sub
```

Каждый макрос VBA начинается с ключевого слова Sub, за которым следует имя макроса. Строку, содержащую ключевое слово Sub и имя макроса, называют *строкой объявления (declaration)* макроса. За именем макроса всегда следуют пустые круглые скобки (т.к. макрос является процедурой VBA без параметров).

За строкой объявления макроса следуют строки комментариев. *Комментарий (comment)* – это строка в макросе VBA, которая не содержит инструкций, являющихся частью этого макроса. Каждая строка комментария начинается с символа апострофа ( ' ). Комментарии содержат имя макроса и текст, который был введен пользователем в текстовое поле "Описание" ("Description") диалогового окна "Запись макроса" ("Record Macro") в момент записи этого макроса.

Сразу за объявлением макроса следует *тело макроса (body)*. Каждая строка в теле макроса состоит из одного или более операторов VBA. *Оператор VBA (statement)* – это последовательность ключевых слов и других символов, которые вместе составляют одну полную инструкцию для VBA. Макрос VBA состоит из одного или нескольких операторов.

Конец макроса выделяется ключевой строкой End Sub, завершающей тело макроса.

# ТЕМА 2.4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ VBA

Visual Basic for Application (VBA) – это система программирования, которая используется как единое средство программирования во всех приложениях Microsoft

[2] Локализованные версии пакета MS Office позволяют использовать в макросах символы национальных алфавитов (например, в идентификаторах). Однако не следует пользоваться этой сомнительной возможностью во избежании сложностей с отладкой и портированием приложений на VBA.

Office. Всякая система программирования включает в себя, по меньшей мере, три составные части:

1. Язык (или языки) программирования.
2. Среду разработки, т.е. набор инструментов для написания программ, редактирования, отладки и т.п.
3. Библиотеку (или библиотеки) стандартных программ, т.е. набор готовых программ (процедур, функций, объектов и т.д.), которые можно использовать как готовые элементы при построении новых программ.

Для создания офисных приложений в MS Office имеется *интегрированная среда разработки* (Integrated Development Environment, *IDE*) с унифицированным интерфейсом. VBA IDE – это набор инструментов разработки программного обеспечения, таких как редактор Visual Basic (Visual Basic Editor, VBA), средства отладки, средства управления проектом и т.д.

Вызов VBA IDE из любого приложения выполняется через комбинацию клавиш Alt+F11 или меню "Сервис/Макрос/Редактор Visual Basic".

## Структура VBA

VBA – это стандартное интерфейсное окно, содержащее меню, панели инструментов, другие окна и элементы, которые применяются при создании проектов VBA. Общий вид окна редактора Visual Basic представлен на рис. 3.

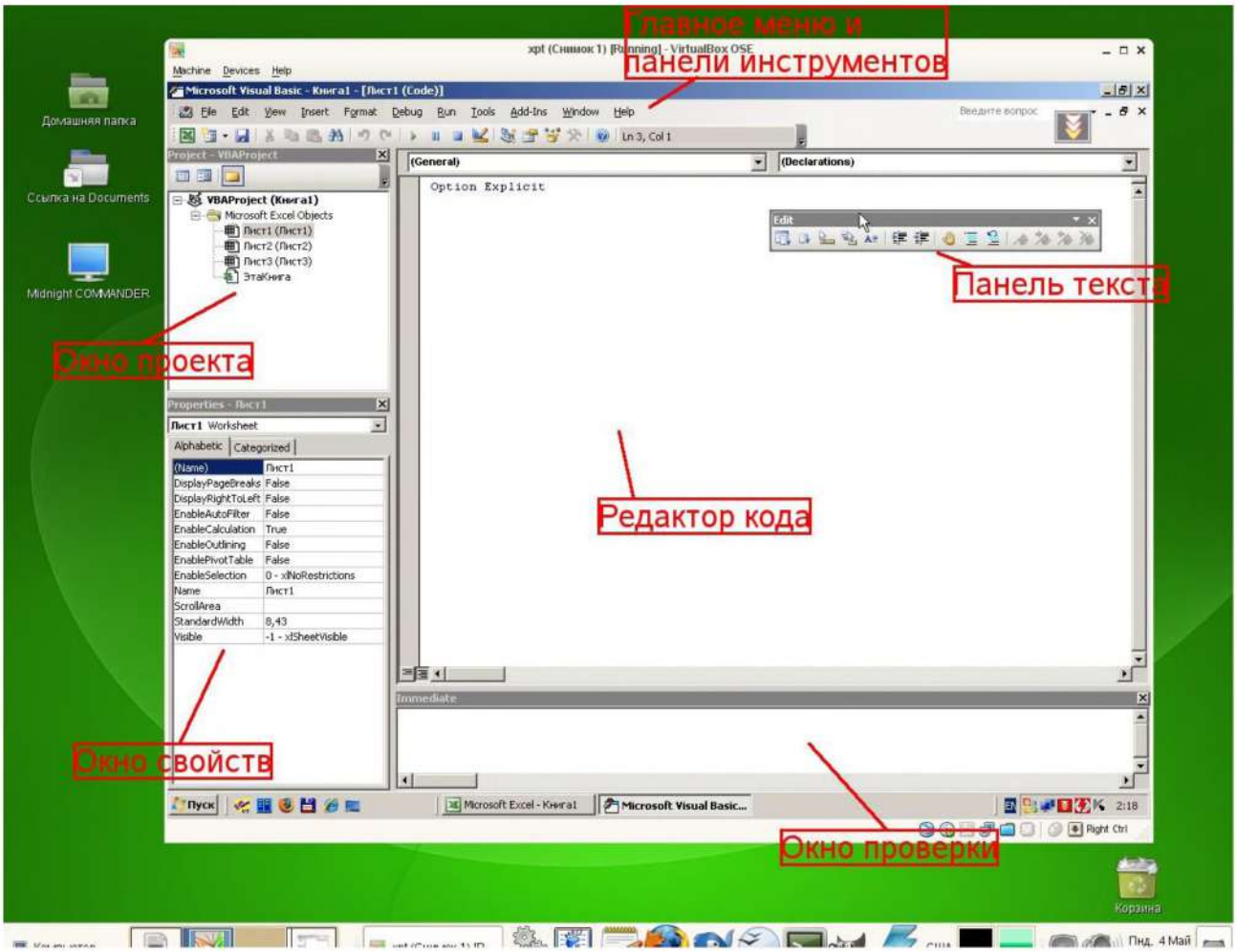



*Рисунок 3. Окно редактора Visual Basic*

Основными (открывающимися по умолчанию) являются три окна: окно проекта, окно свойств и окно редактирования кода. Краткое описание этих и некоторых других компонентов VBA приведено в таб. 4. Все они доступны через команды, представленные в меню "Вид".

*Таблица 4. Назначение компонентов VBA*

| **Наименование окна** | **Описание** |
|---|---|
| Project (Проект) | Предназначено для отображения всех открытых проектов, а также их составляющих: модулей, форм и ссылок на другие проекты |
| Toolbox (Панель элементов) | Содержит элементы управления для конструирования форм |
| UserForm | Используется для создания форм путем размещения на них элементов |

| Наименование окна | Описание |
|---|---|
| | управления |
| Code (Программа) | Предназначено для просмотра, написания и редактирования программы на языке VBA. Поскольку среда разработки является многооконной, то для каждого модуля проекта можно открыть отдельное окно |
| Properties (Свойства) | Отображает свойства выделенных объектов. В этом окне можно задавать новые значения свойств формы и элементов управления |
| Object Browser (Просмотр объектов) | Отображает классы, свойства, методы, события и константы различных библиотек объектов. Используется для быстрого получения информации об объектах |
| Immediate (Проверка) | Предназначено для быстрого выполнения вводимых в него инструкций. В данном окне также выводятся результаты выполнения вводимых инструкций |
| Locals (Локальные переменные) | Автоматически показывает все переменные данной процедуры |
| Watches (Контрольные значения) | Применяется при отладке программ для просмотра значений выражений |

## Характеристики компонентов VBA

**Окно проекта (Project)**

**Проект** – это совокупность всех программных модулей, связанных с документом Microsoft Office. Окно *Project (Проект)* предназначено для быстрого получения информации о различных составляющих проекта.

Проект может содержать модули следующих видов:

- *Объекты основного приложения*. Проекты VBA выполняются совместно с другими приложениями. Приложение, в котором разрабатывается и выполняется проект VBA, называется основным.
- *Модули форм*. В VBA имеется возможность создавать пользовательские формы, предназначенные для ввода или вывода данных, а также процедуры обработки событий, возникающие в этих формах.

- *Модули кода.* Модульность - один из основных принципов парадигмы структурного программирования. Каждый модуль, как правило, содержит подпрограммы, сход-

  ные по назначению. Небольшие модули проще отлаживать и использовать повторно. В частности, в VBA имеются средства импорта/экспорта готового кода.
- *Модули классов.* VBA позволяет создавать и использовать собственные объекты. Описание объектов включается в модули класса. Каждый модуль класса содержит полную информацию об одном типе объекта.

С помощью окна проекта можно добавить или удалить какой-либо объект из проекта. Модули кода добавляются в проект командой "Вставить/Модуль". Формы создаются командой "Вставить/UserForm", а модули класса командой "Вставить/Модуль класса".

Окно проекта можно использовать также для быстрой навигации по формам проекта и программному коду. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню соответственно команды "Объект" или "Программа".

**Окно свойств (Properties)**

Список свойств выделенного объекта выводится в окне Properties (Свойства). Для того чтобы выделить объект, необходимо с помощью окна проекта выбрать форму и перейти в режим конструктора, используя команду "View Object". Свойства объекта можно упорядочить в алфавитном порядке (Alphabetic (По алфавиту)) или по категориям (Categorized (По категориям)), выбрав соответствующую вкладку. Предусмотрена также возможность получения быстрой справки по какому-либо свойству объекта. Для этого достаточно установить курсор на нужное свойство и нажать клавишу F1.

**Окно просмотра объектов(Object Browser)**

Окно Object Browser (Просмотр объектов) предназначено для просмотра объектов, доступных при создании программы. Точнее, в этом окне отображаются не сами объекты, а структура соответствующего класса объектов. Окно просмотра объектов может использоваться для поиска метода или свойства объекта.

**Окно Code (Окно редактирования кода)**

Окно Code (Программа) представляет собой текстовый редактор, предназначенный для написания и редактирования кода процедур приложения. Это окно появляется на экране, например, при создании нового модуля. Код внутри модуля организован в виде отдельных разделов для каждого объекта, программируемого в модуле. Переключение между разделами выполняется путем выбора значений из списка "Object" ("Объект"), который находится в левом верхнем углу окна. Каждый раздел может содержать несколько процедур, которые можно выбрать из списка "Procedure" ("Процедура") в правом верхнем углу.

*Интеллектуальные возможности редактора кода:*

1. При написании кода пользователю предлагается список компонентов, логически завершающих вводимую пользователем инструкцию.
2. На экране автоматически отображаются сведения о процедурах, функциях, свойствах и методах после набора их имени.
3. Автоматически проверяется синтаксис набранной строки кода сразу после нажатия клавиши Enter. В результате проверки выполняется выделение определенных фрагментов текста:
   - красным цветом – синтаксические ошибки; • синим цветом – зарезервированные ключевые слова;
   - зеленым цветом – комментарии.
4. Если курсор расположить на ключевом слове VBA, имени процедуры, функции, свойства или метода и нажать клавишу F1, то на экране появится окно со справочной информацией об этой функции.

**Окно редактирования форм (UserForm)**

Для создания диалоговых окон, разрабатываемых приложений VBA, используются формы. Редактор форм является одним из основных средств визуального программирования. При добавлении формы в проект (команда "Insert" – "UserForm" ("Вставить" – "UserForm")) на экран выводится незаполненная форма с панелью инструментов Toolbox (Панель элементов).

Используя панель инструментов Toolbox (Панель элементов) из незаполненной формы конструируется требуемое для приложения диалоговое окно. Размеры формы и

размещаемых на ней элементов управления можно изменять. Также окно редактирования форм поддерживает операции буфера обмена. Кроме того, команды меню "Format" ("Формат") автоматизируют и облегчают процесс выравнивания элементов управления как по их взаимному местоположению, так и по размерам.

**Окна отладочной информации**

*Окно Immediate (Проверка)* позволяет ввести инструкцию и выполнить ее. При этом инструкция должна быть записана в одну строку, директивы которой будут выполнены после нажатия клавиши Enter. Данное окно можно использовать для быстрой проверки действий, выполняемой той или иной инструкцией. Это позволяет не запускать всю процедуру, что удобно при отладке программ.

*Окно Locals (Локальные переменные)* автоматически отображает все объявленные переменные текущей процедуры и их значения.

*Окно Watches (Контрольные значения)* применяется при отладке программ для просмотра значений выражений.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования**
**«Уральский государственный горный университет»**

**С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова, К. А. Водовозов**

# ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Методические указания*
*по выполнению контрольных работ*
*и варианты заданий*
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

**Екатеринбург – 2019**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горномеханического
факультета
«___» _____ 2019 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова,
К. А. Водовозов

# ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ
и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

**СОДЕРЖАНИЕ**

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ..... 7
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ ..... 8
1.1. Расчёт технологических показателей обогащения ..... 8
1.2. Построение гранулометрической характеристики ..... 11
1.3. Расчёт эффективности грохочения ..... 16
1.4. Расчёт схем обогащения ..... 18
2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ..... 20
2.1. Контрольная работа № 1 ..... 20
2.2. Контрольная работа № 2 ..... 22
2.3. Контрольная работа № 3 ..... 24
3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ..... 28
3.1. Контрольная работа № 1 ..... 28
3.2. Контрольная работа № 2 ..... 32
3.3. Контрольная работа № 3 ..... 34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 39

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

В курсе «Обогащение полезных ископаемых» студент самостоятельно выполняет три контрольные работы из разделов «Расчёт технологических показателей обогащения» (контрольная работа № 1), «Построение гранулометрических характеристик» и «Расчёт эффективности грохочения» (контрольная работа № 2) и «Расчёт схем обогащения» (контрольная работа № 3). Номера задач для каждого студента задаются номером варианта задания. Номер варианта назначает преподаватель.

Контрольные работы оформляются в виде единой сброшюрованной пояснительной записки.

К пояснительной записке, выполненной на листах формата А4, предъявляются следующие требования: наличие титульного листа, содержания, нумерации страниц, таблиц, рисунков, подрисуночных подписей, обозначения и расшифровки кривых на графиках, обозначения осей на графиках, размерностей по осям графиков, в таблицах и численных результатах, получаемых в ходе расчётов по формулам, списка использованных источников.

При построении графиков студент самостоятельно выбирает оптимальные масштабы по осям, вводя, при необходимости, логарифмические масштабы.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ

## 1.1. Расчёт технологических показателей обогащения

Определения основных технологических показателей обогащения даны на примере операции разделения с двумя получаемыми продуктами (рис. 1).

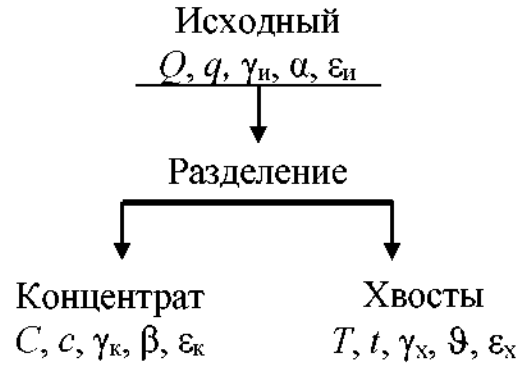



**Рис. 1. К определению основных технологических показателей разделения**

На рис. 1 введены следующие обозначения: $Q$, $C$, $T$ – массы соответствующих продуктов; $q$, $c$, $t$ – массы ценного компонента в соответствующих продуктах; $\gamma_и$, $\gamma_к$, $\gamma_х$ – выходы соответствующих продуктов; $\alpha$, $\beta$, $\vartheta$ – массовые доли ценного компонента в соответствующих продуктах; $\varepsilon_и$, $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в соответствующие продукты.

В обогащении полезных ископаемых количество продукта может иметь размерность как массы (т, реже кг), так и производительности (т/ч, т/сут, т/год).

В табл. 1 представлены общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения.

При разделении материала принято считать концентратами продукты с большей массовой долей ценного компонента, а хвостами – с меньшей. В том случае если оценка показателей обогащения ведётся по массовой доле вредной примеси, то концентратами считают продукты, с меньшим содержанием вредных примесей, а хвостами – с большей. Примером может служить обогащение углей, где малое содержание вредной примеси – золы (зольность) меньше для концентратов и больше для хвостов.

**Таблица 1**

## Общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения

| Показатель | Размерность | Продукт | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | исходный | концентрат | хвосты | подрешётный | надрешётный |
| ***Масса*** продукта | т, кг (т/ч; т/сут; т/год) | $Q$ | $C$ | $T$ | $C$ | $T$ |
| компонента в продукте | | $q$ | $c$ | $t$ | – | – |
| класса -$d$ | | $q$ | – | – | $c$ | $t$ |
| ***Выход*** | % | $\gamma_{и}$ | $\gamma_{к}$ | $\gamma_{х}$ | $\gamma_{п}$ | $\gamma_{н}$ |
| ***Массовая доля*** компонента в продукте | % (г/т) | $\alpha$ | $\beta$ | $\vartheta$ | – | – |
| золы в продукте (зольность) | % | $A_{и}$ | $A_{к}$ | $A_{х}$ | – | – |
| класса -$d$ | | $\alpha^{-d}$ | – | – | $\beta^{-d}$ | $\vartheta^{-d}$ |
| класса +$d$ | | $\alpha^{+d}$ | – | – | $\beta^{+d}$ | $\vartheta^{+d}$ |
| ***Извлечение*** | % | $\varepsilon_{и}$ | $\varepsilon_{к}$ | $\varepsilon_{х}$ | – | – |

***Выход продукта*** – это отношение массы продукта разделения к массе исходного продукта:

$$\gamma_{к} = \frac{C}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_{к} = \frac{C}{Q} \cdot 100, \%. \qquad (1)$$

$$\gamma_{х} = \frac{T}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_{х} = \frac{T}{Q} \cdot 100, \%. \qquad (2)$$

***Массовая доля компонента в продукте*** – это отношение массы компонента в каком-либо продукте к массе всего этого продукта:

для исходного $$\alpha = \frac{q}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{q}{Q} \cdot 100, \%; \qquad (3)$$

для концентрата $$\beta = \frac{c}{C}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{c}{C} \cdot 100, \%; \qquad (4)$$

для хвостов $$\vartheta = \frac{t}{T}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \vartheta = \frac{t}{T} \cdot 100, \%. \qquad (5)$$

***Извлечение компонента в продукт*** – это отношение массы компонента в продукте к массе этого компонента в исходном продукте:

$$\varepsilon_к = \frac{c}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_к = \frac{c}{q} \cdot 100, \%. \tag{6}$$

$$\varepsilon_х = \frac{t}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_х = \frac{t}{q} \cdot 100, \%. \tag{7}$$

Иногда используют термин ***потери*** для обозначения извлечения ценного компонента в не одноимённый продукт, например, *потери* ценного компонента *с хвостами*, что *равнозначно* понятию *извлечение* ценного компонента *в хвосты*.

Уравнения баланса, вытекают из закона сохранения массы:

$$C + T = Q; \tag{8}$$

$$c + t = q; \tag{9}$$

$$\gamma_к + \gamma_х = \gamma_и; \tag{10}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = \gamma_и \cdot \alpha; \tag{11}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = \varepsilon_и. \tag{12}$$

Сумма масс, выходов и извлечений продуктов разделения ***всегда*** равна массе, выходу или извлечению исходного продукта соответственно и определяется простым сложением (8)-(10), (12).

Массовые доли ***складывать нельзя***, так как они рассчитаны от ***разных*** масс продуктов. При простом сложении не будет учтена ***доля участия*** (удельный вес) каждого из продуктов в общей сумме, поэтому при составлении уравнения баланса по массовым долям необходимо использовать ***средневзвешенное значение***. В качестве удельного веса может выступать выход или масса продукта, как показано в уравнении (11).

При расчёте одной операции разделения или схемы в целом, как правило, принимают: $\gamma_и = 100$ %; $\varepsilon_и = 100$ %. Тогда уравнения (10)-(12) приобретают вид:

$$\gamma_к + \gamma_х = 100; \tag{13}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = 100 \cdot \alpha; \tag{14}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = 100. \tag{15}$$

Решая систему уравнений, состоящую из формул (13)-(15), можно вывести формулы для расчёта выходов продуктов разделения и из-

влечения в них (продукты) компонента:

$$\gamma_к = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot 100, \% \quad (16)$$

$$\gamma_х = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} \cdot 100\ \%. \quad (17)$$

$$\varepsilon_к = \frac{\gamma_к \cdot \beta}{\alpha}, \%. \quad (18)$$

$$\varepsilon_х = \frac{\gamma_х \cdot \vartheta}{\alpha}, \%. \quad (19)$$

Примеры расчёта технологических показателей обогащения представлены в п. 2.1.

## 1.2. Построение гранулометрической характеристики

Гранулометрический состав продуктов обогащения характеризуется распределением частиц по классам крупности. Основным методом определения гранулометрического состава продуктов является ситовый анализ, состоящий в рассеве продукта на наборе сит с квадратными отверстиями и последующем определении ***частных выходов*** классов крупности.

Частный выход каждого класса крупности определяется по формуле:

$$\gamma_i = \frac{M_i}{M_{исх}} \cdot 100, \%, \quad (20)$$

где $\gamma_i$ – выход $i$-го класса крупности; $M_i$ – масса $i$-го класса крупности; $M_{исх}$ – масса исходного продукта, подвергнутого рассеву.

Помимо этого определяют ***суммарный выход*** классов крупности ***«по плюсу»*** и ***«по минусу»***.

Суммарная характеристика «по плюсу» показывает, какое количество материала осталось бы на сите с размером отверстия, равным $d$ мм, если бы это сито в наборе сит для ситового анализа было верхним.

Суммарная характеристика «по минусу» показывает, какое количество материала прошло бы сквозь сито с размером отверстия, равным $d$ мм, если бы это сито в наборе было нижним.

Суммарный выход классов крупности «по плюсу» рассчитывается последовательным суммированием значений частных выходов каждого класса крупности сверху вниз, а «по минусу» – снизу вверх.

Пример оформления результатов ситового анализа приведён в табл. 2.

**Таблица 2**

**Результаты ситового анализа**

| Класс крупности, мм | | Выход, % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | частный | суммарный | |
| | | | «по плюсу» | «по минусу» |
| -200+100 | | 12,8 | 12,8 | 100,0 |
| -100+50 | | 22,5 | 35,3 | 87,2 |
| -50+25 | | 21,5 | 56,8 | 64,7 |
| -25+13 | | 16,9 | 73,7 | 43,2 |
| -13+6 | | 13,3 | 87,0 | 26,3 |
| -6+3 | | 6,4 | 93,4 | 13,0 |
| -3+0 | | 6,6 | 100,0 | 6,6 |
| **Итого:** | | **100,0** | – | – |
| **Абсцисса для кривой «по минусу»** | **Абсцисса для кривой «по плюсу»** | | **Ордината для кривой «по плюсу»** | **Ордината для кривой «по минусу»** |

На рис. 2 приведен пример построения суммарных характеристик крупности для рассмотренного примера. Кривые являются зеркальным отображением друг друга. По любой из них можно определить выход любого класса крупности.

При построении кривых суммарного выхода каждый класс крупности представляется в виде точки координатами ($d$; $\gamma$), где $d$ – граничное значение каждого класса крупности, а $\gamma$ – суммарный выход этого класса крупности («по плюсу» или «минусу»).

Для кривой суммарного выхода «по плюсу» $d$ – это ***нижняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «плюс», а для кривой суммарного выхода «по минусу» – ***верхняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «минус». Для приведённого примера класс крупности -100+50 мм при построении кривой суммарного выхода «по плюсу» будет иметь координаты (50; 35,3), а при построении кривой суммарного выхода «по минусу» – (100; 87,2).

Полученные точки соединяют плавной кривой. Обе кривые суммарного выхода монотонны. Каждая из них пересекает и ось абс-

цисс, и ось ординат.

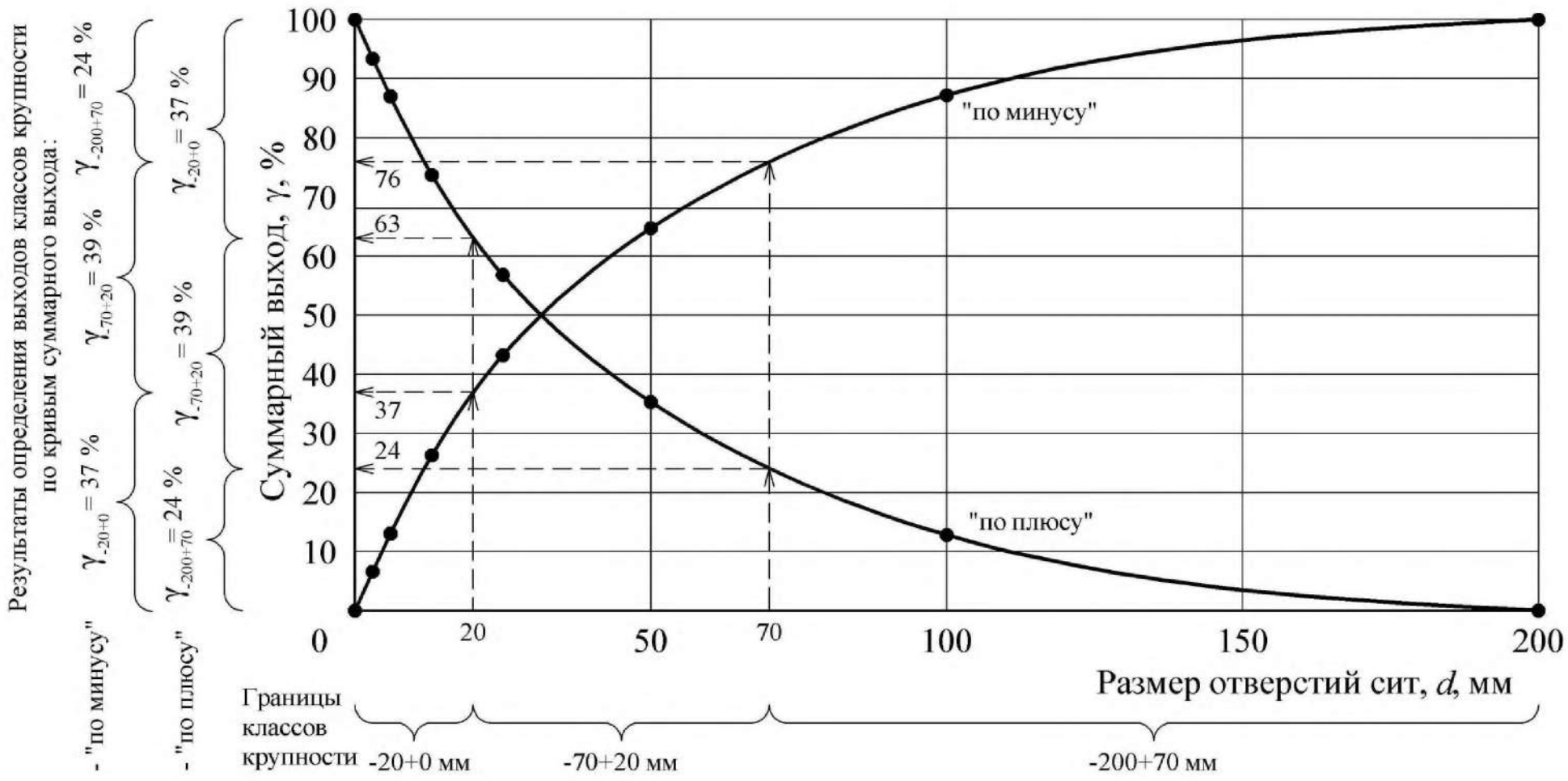



**Рис. 2. Гранулометрическая характеристика продукта**

*Точки пересечения с осью абсцисс*: ($D_{max}$; 0) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и ($D_{max}$; 100) для кривой суммарного выхода «по минусу». $D_{max}$ – это максимальная крупность продукта, мм. Для представленного примера $D_{max}$=200 мм.

*Точки пересечения с осью ординат*: (0; 100) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и (0; 0) для кривой суммарного выхода «по минусу».

По виду кривой суммарного выхода можно сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности. Если кривая суммарного выхода «по плюсу» имеет выпуклую форму, то в продукте преобладают крупные классы, если вогнутую – то мелкие (для кривой суммарного выхода «по минусу» – наоборот). Если кривые суммарного выхода имеют форму близкую к прямой, то это свидетельствует о равномерном распределении частиц по классам крупности.

Определение выхода заданного класса крупности осуществляется в следующей последовательности:

1. Отложить на оси абсцисс границы заданного класса крупности.
2. Из полученных точек восстановить перпендикуляры до пересечения с кривой суммарного выхода.
3. Из полученных точек пересечения с кривой суммарного выхода провести перпендикуляры к оси ординат. Высота полученного отрезка находится вычитанием из б*о*льшего значения выхода меньшего и соответствует выходу заданного класса крупности.

Обычно границы класса крупности задаются двумя значениями, например, -6+3 мм. Если требуется определить выход класса крупности -6 мм, то второй границей является значение 0 мм (класс крупности -6+0 мм). Если требуется определить выход класса крупности +6 мм, то второй границей является значение максимальной крупности продукта (класс крупности -$D_{max}$+6 мм).

Также следует помнить, что сумма выходов классов $-d$ мм и $+d$ мм для одного и того же продукта равна 100 %.

При работе с гранулометрическими характеристиками (и только в этом случае) термины ***«выход класса»*** и ***«массовая доля класса крупности»*** равнозначны.

### *Пример*

По гранулометрической характеристике (рис. 2) определить выходы классов крупности -20 мм, -70+20 мм, +70 мм.

***Решение***

Определим выходы заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по плюсу».

*Класс -20 мм.* Помня, что запись -20 мм означает -20+0 мм, определим значения выходов в точках 0 и 20 мм, они составят 100 и 63 % соответственно, следовательно, выход класса -20+0 мм составит:

$$\gamma_{-20+0} = 100 - 63 = 37\ \%.$$

*Класс -70+20 мм.* Значения выходов в точках 20 и 70 мм составляют 63 и 24 % соответственно, следовательно, выход класса -70+20 мм составит:

$$\gamma_{-70+20} = 63 - 24 = 39\ \%.$$

*Класс +70 мм.* Максимальная крупность продукта составляет 200 мм, следовательно, необходимо определить выход класса -200+70 мм. Значения выходов в точках 70 и 200 мм составляют 24 и 0 %, соответственно, следовательно, выход класса -200+70 мм составит:

$$\gamma_{-200+70} = 24 - 0 = 24\ \%.$$

Определение выходов заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по минусу» осуществляется аналогично. Значения выходов в точках 0, 20, 70 и 200 мм составляют 0, 37, 76 и 100 % соответственно. Тогда выходы классов крупности, %:

$$\gamma_{-20+0} = 37 - 0 = 37;$$
$$\gamma_{-70+20} = 76 - 37 = 39;$$
$$\gamma_{-200+70} = 100 - 76 = 24.$$

В практике обогащения при определении выхода класса крупности пользуются ***только одной*** из кривых суммарного выхода.

В контрольной работе № 2 требуется построить одну их кривых суммарного выхода и по ней определить выход заданного класса крупности. Пример выполнения приведён в п. 2.2.

### 1.3. Расчёт эффективности грохочения

Процесс грохочения характеризуется ***эффективностью грохочения*** (***к.п.д.*** грохота).

Эффективность грохочения ($E$) – это отношение массы подрешётного продукта ($C$) к массе продукта той же крупности в исходном материале ($q$), определяется по формуле:

$$E = \frac{C}{q} \cdot 100, \%. \quad (21)$$

При расчёте показателей операции грохочения применимы все полученные ранее соотношения между технологическими показателями и уравнения баланса.

Условно концентратом считается подрешётный продукт, а надрешётный – хвостами. При этом массовая доля класса крупности менее размера отверстия сита в подрешётном продукте ($\beta^{-d}$) составляет 100 %, так как частицы крупнее размера отверстия сита в подрешётный продукт попасть не могут.

С помощью простых преобразований можно получить формулы для расчёта эффективности грохочения, %:

$$E = \frac{C}{Q \cdot \alpha^{-d}} \cdot 10^4; \quad (22)$$

$$E = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\alpha^{-d}} \cdot 100; \quad (23)$$

$$E = \frac{\alpha^{-d} - \vartheta^{-d}}{\alpha^{-d}(100 - \vartheta^{-d})} \cdot 10^4. \quad (24)$$

Для определения эффективности грохочения, как правило, необходимо знать массовую долю расчётного класса в исходной руде ($\alpha^{-d}$).

Если эта величина не задана, то её можно определить по гранулометрической характеристике исходного продукта (п. 1.2).

Если гранулометрическая характеристика исходного продукта отсутствует, то её можно провести по прямой линии (рис. 3).

Так как гранулометрическая характеристика является прямой линией, то её можно описать уравнением вида $\alpha^{-d}=\gamma_{-d+0}=kd$.

Для случая, представленного на рис. 3, уравнение может быть записано как:

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{\max}} \cdot d, \%. \quad (25)$$

Использование данной формулы позволяет определить массовую долю расчётного класса в руде без построения гранулометрической характеристики.

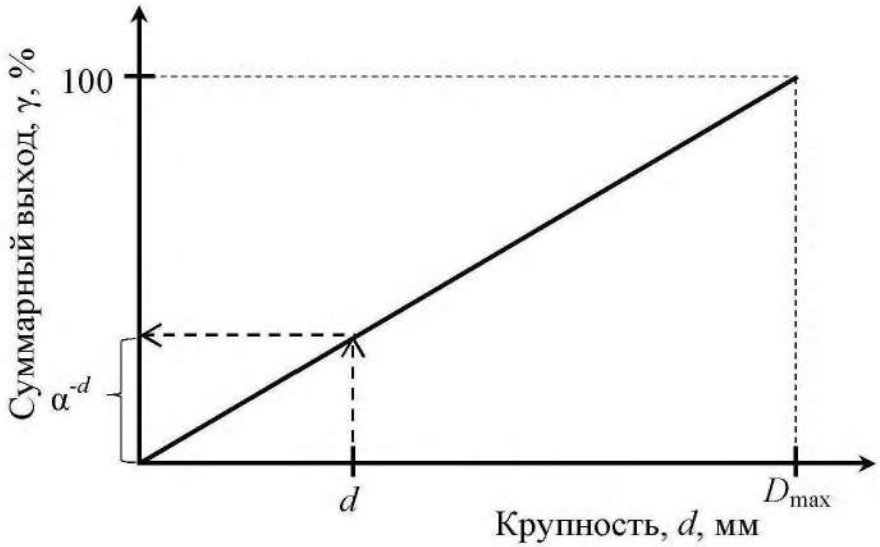



**Рис. 3. К определению массовой доли нижнего класса в исходном материале:**
***d* – размер отверстия сита; $D_{max}$ – максимальная крупность исходного материала**

В табл. 1 приведены общепринятые обозначения для продуктов операции грохочения.

Примеры расчёта эффективности грохочения приведены в п. 2.2.

## 1.4. Расчёт схем обогащения

Совокупность операций переработки минерального сырья называется ***технологической схемой обогащения***, изображаемой графически. Расчёт технологических схем обогащения выполняется обычно в виде таблицы.

Основным типом технологических схем является ***качественно-количественная схема***, на которой отражены все операции обработки полезного ископаемого с указанием количества и качества всех продуктов.

Основой расчётов технологических показателей схем обогащения являются уравнения балансов (13)-(15).

Расчёт схемы начинается с составления технологического баланса по массовой доле компонента, представляемого в виде таблицы. Для расчёта схемы необходимо задаться рядом технологических показателей. Чаще всего задают величину массовой доли компонента в руде (по данным анализа) и в концентрате (по требованию нормативных документов), а также нормируемую величину извлечения компонента в концентрат (реже в хвосты).

Технологические показатели для промежуточных операций и продуктов схемы рассчитывают, задаваясь массовой долей компо-

нента в продуктах разделения, частным извлечением в концентрат или величиной степени концентрации компонента в каждой операции.

В контрольной работе № 3 требуется рассчитать технологические показатели схемы флотации. Каждой отдельной операции флотации присуща своя ***степень концентрации***, показывающая во сколько раз увеличивается массовая доля полезного компонента в концентрате операции, по сравнению с массовой долей в продукте, входящем в операцию. Степень концентрации обозначается буквой *i* и для основных и контрольных операций составляет 2-9, а для перечистных – 1-2. При расчёте обычно принимается, что массовая доля в концентрате первой контрольной операции в два раза больше, чем массовая доля в исходном продукте схемы, а если контрольная операция одна, то приблизительно равным ему. Массовую долю в промпродуктах перечистных операций (хвостах) принимают приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и эти промпродукты.

После определения массовой доли компонента в каждом продукте схемы рассчитывают выходы всех продуктов схемы. Расчёт ведётся по операциям схемы «снизу вверх» составлением и решением балансовых уравнений относительно выходов продуктов. Расчёт завершается проверкой:

$$\Delta = 100 \cdot \alpha - (\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta). \qquad (26)$$

Величина $\Delta$ называется ***невязкой расчёта*** и показывает точность его выполнения. Невязка может быть как положительной, так и отрицательной. При выполнении расчёта на ПК величина невязки равна 0. При расчёте на калькуляторе для получения приемлемой величины невязки (порядка $10^{-3}$ %$^2$) получаемые величины необходимо округлять до 4-го знака после запятой.

Результаты расчётов оформляются в виде технологической схемы, изображаемой графически, и типовых таблиц – «Технологический баланс продуктов обогащения» и «Результаты расчёта качественно-количественной схемы».

На технологической схеме каждому продукту присваивается порядковый номер, указываются технологические показатели каждого продукта и принятые в операциях разделения степени концентрации.

В типовой таблице «Технологический баланс продуктов обогащения» приводятся технологические показатели ***исходного*** продукта

и ***конечных*** (концентрат и хвосты) продуктов разделения.

В типовой таблице «Результаты расчёта качественно-количественной схемы» приводятся технологические показатели для ***всех*** продуктов схемы.

Пример расчёта качественно-количественной схемы флотации приведён в п. 2.3.

# 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

## 2.1. Контрольная работа № 1

### Задача 1

Руда для кучного выщелачивания подаётся из трёх забоев в соотношении: 20 % из забоя № 1, 60 % из забоя № 2, остальное из забоя № 3. Массовая доля золота составляет 4, 6 и 3 г/т, соответственно. Определить массовую долю золота в исходной для выщелачивания куче.

***Комментарий**: в данной задаче необходимо определить массовую долю руды, получаемой при смешивании руд из различных забоев. При этом руды из этих забоев имеют различную массовую долю компонента и смешиваются **не в равном** соотношении. В этом случае для расчёта массовой доли полученной смеси необходимо использовать формулу для определения средневзвешенного значения, которое учитывает долю участия каждого из забоев в общей смеси:*

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\gamma_i \cdot \alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i},$$

*где $\gamma_i$ – выход (доля) руды из i-го забоя; $\alpha_i$ – массовая доля компонента в руде i-го забоя.*

***Дано:***

$\gamma_1 = 20$ %
$\alpha_1 = 4$ г/т
$\gamma_2 = 60$ %
$\alpha_2 = 6$ г/т
$\alpha_3 = 3$ г/т

$\alpha_{срв} - ?$

***Решение***

$\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3=100$ % $\rightarrow \gamma_3 = 100 - (\gamma_1+\gamma_2)=100 - (20+60)=20$ %;

$$\alpha = \frac{\gamma_1 \cdot \alpha_1 + \gamma_2 \cdot \alpha_2 + \gamma_3 \cdot \alpha_3}{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3} = \frac{20 \cdot 4 + 60 \cdot 6 + 20 \cdot 3}{20 + 60 + 20} = 5 \text{ г/т}.$$

***Ответ:*** Массовая доля золота в исходной для выщелачивания куче равна 5 г/т.

## Задача 2

Определить потери цинка с медным концентратом, если массовая доля цинка в руде – 5 %, в медном концентрате – 4,5 %, выход цинкового концентрата составляет 12 %, а выход хвостов – 85 %.

***Комментарий**: потери цинка с медным концентратом – это извлечение цинка в медный концентрат. В данной задаче речь идёт о **полиметаллической** руде (компонентами являются медь и цинк), при обогащении которой получают **три** продукта – хвосты и концентраты: медный и цинковый. Тогда формула (13) будет иметь вид:*

$$\gamma_к^{Cu} + \gamma_к^{Zn} + \gamma_х = 100\,\%.$$

*Для определения потерь цинка с медным концентратом воспользуемся формулой (19), переписав её как, %:*

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{\gamma_к^{Cu} \cdot \vartheta^{Cu/Zn}}{\alpha^{Zn}}.$$

*Нижний индекс «к» у обозначения показателей указывает лишь на то, что продукт, с которым теряется цинк, не является хвостами.*

***Дано:***

$\alpha^{Zn} = 5\,\%$

$\gamma_к^{Zn} = 12\,\%$

$\vartheta^{Cu/Zn} = 4{,}5\,\%$

$\gamma_х = 85\,\%$

$\varepsilon_к^{Cu/Zn} - ?$

***Решение***

Выход медного концентрата составит:

$$\gamma_к^{Cu} = 100 - \gamma_к^{Zn} - \gamma_х = 100 - 12 - 85 = 3\,\%.$$

Потери цинка с медным концентратом:

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{5 \cdot 4{,}5}{3} = 7{,}5\,\%.$$

***Ответ:*** Потери цинка в медном концентрате составляют 7,5 %.

## Задача 3

Определить суточную производительность фабрики по руде, если она производит 30 т/ч концентрата при выходе его 5 %.

***Комментарий**: Следует обратить внимание, что заданная величина производительности по концентрату имеет размерность **т/ч**, а значит, и величина производительности фабрики по руде при расчёте по формуле (1) будет иметь ту же размерность. Однако по условиям задачи требуется определить **суточную** производительность. При решении подобного типа задач принимается режим работы обогатительных фабрик 24 часа в сутки.*

| ***Дано:*** | ***Решение*** |
|---|---|
| $\gamma_к = 5$ %<br>$C = 30$ т/ч | $\gamma_к = \frac{C}{Q} \cdot 100 \rightarrow Q = \frac{C}{\gamma_к} \cdot 100 = \frac{30}{5} \cdot 100 = 600$ т/ч. |
| $Q_{сут} - ?$ | $Q_{сут} = 24 \cdot Q = 24 \cdot 600 = 14400$ т/сут. |
| | ***Ответ:*** Суточная производительность фабрики составляет 14400 т/сут. |

## 2.2. Контрольная работа № 2

### Задача 1

| **Класс крупности, мм** | **Частный выход, %** |
|---|---|
| -50+25 | 10 |
| -25+12 | 20 |
| -12+6 | 20 |
| -6+0 | 50 |

По результатам ситового анализа построить кривую суммарного выхода «по полюсу».
Определить по ней выходы классов крупности -30+10 и -5 мм.
Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.

***Решение***

Рассчитаем суммарный выход «по плюсу» (см. п.1.2):

| **Класс, мм** | **Частный выход, %** | **Суммарный выход «по плюсу», %** |
|---|---|---|
| -50+25 | 10 | 10 |
| -25+12 | 20 | 30 |
| -12+6 | 20 | 50 |
| -6+0 | 50 | 100 |
| **Итого:** | **100** | **–** |

Подробная методика построения гранулометрической характеристики и определения по ней выходов заданных классов крупности приведена в п. 1.2. Решение показано на рис. 4.

Выходы заданных классов крупности составляют:

$$\gamma_{-30+10} = 37 - 6 = 29\ \%.$$

$$\gamma_{-5+0} = 100 - 56 = 44\ \%.$$

По виду кривой можно сделать вывод о преобладании мелких классов крупности (кривая вогнутая).

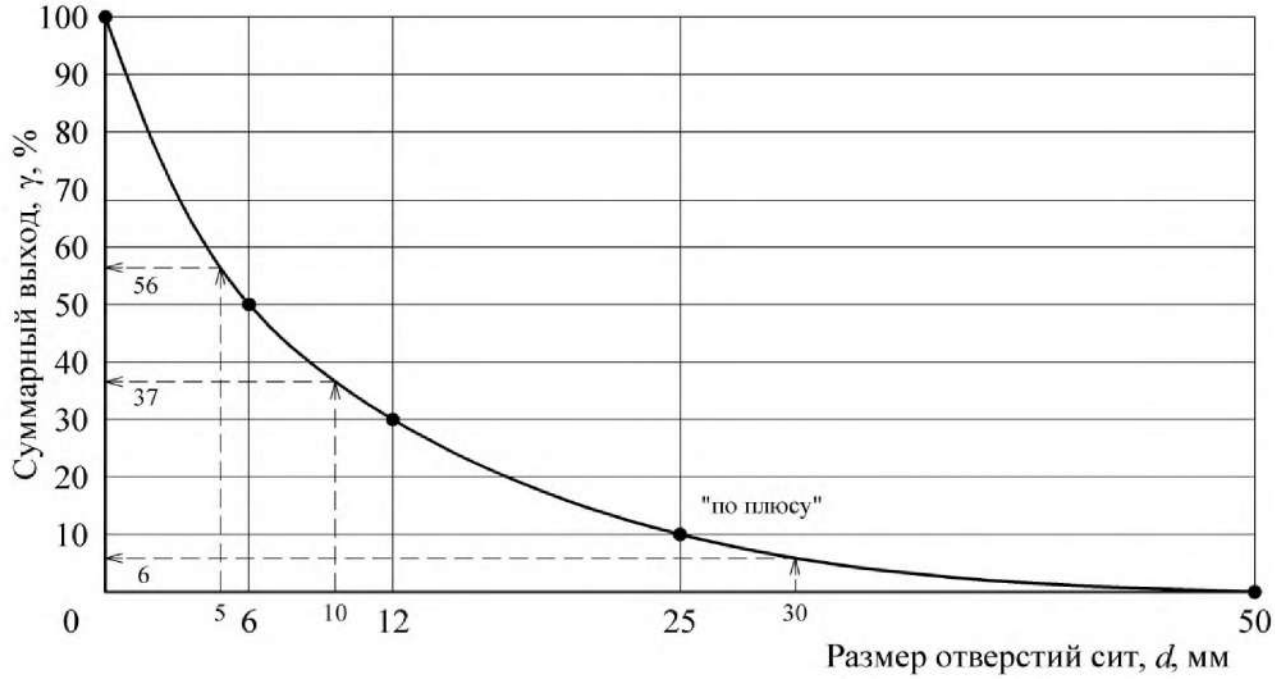



**Рис. 4. Графическое решение**

## Задача 2

Определить эффективность грохочения на сетке 150 мм, если выход надрешётного продукта составляет 77 %. Крупность исходного материала 600 мм. Гранулометрическую характеристику исходной руды принять по прямой линии.

***Дано:***

$\gamma_н = 77$ %

$D_{max} = 600$ мм

$d$=150 мм

$E - ?$

***Решение***

Найдём массовую долю расчётного класса в исходном продукте по формуле (25):

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{max}} \cdot d = \frac{100}{600} \cdot 150 = 25\ \%.$$

Из уравнения баланса (13) определим выход подрешётного продукта:

$\gamma_п = 100 - \gamma_н = 100 - 77 = 23$ %.

Эффективность грохочения по выражению (23) составит:

$$E = \frac{\gamma_п}{\alpha^{-d}} \cdot 100 = \frac{23}{25} \cdot 100 = 92\ \%.$$

***Ответ:*** Эффективность грохочения равна 92 %.

## 2.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели (выходы всех продуктов и извлечения компонента в эти продукты) для схемы обогащения, представленной на рис. 5. Массовая доля полезного компонента в исходном продукте 1 %, в концентрате 14 %, извлечение в концентрат 90 %. Значениями массовой доли для промежуточных продуктов схемы задаться самостоятельно (п. 1.4).

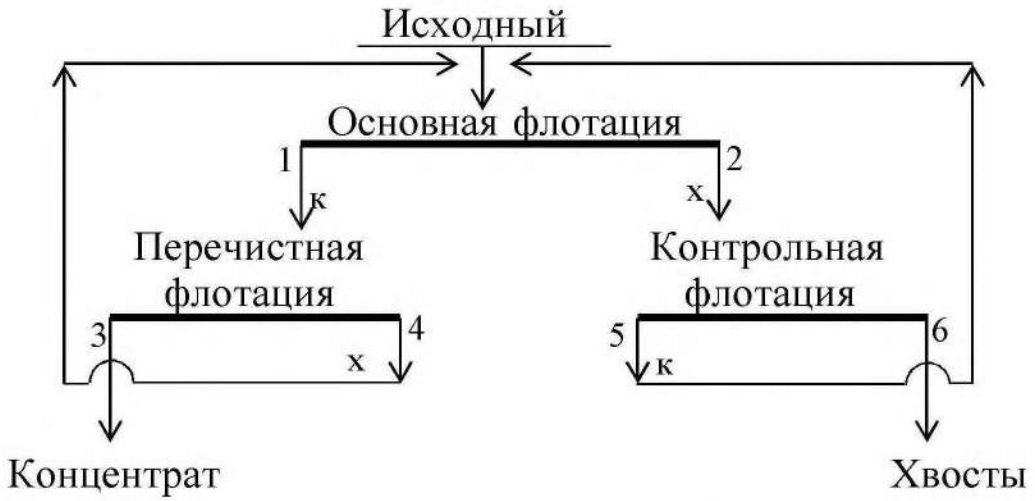



**Рис. 5. Технологическая схема обогащения**

### *Решение*

По исходным данным с использованием выражений (15) и (19) определим массовую долю компонента в хвостах. Далее, применив формулы (18) и (13), рассчитаем выходы конечных продуктов – концентрата и хвостов. Полученные результаты запишем в виде табл. 3.

**Таблица 3**

**Технологический баланс продуктов обогащения**

| Номер и наименование продукта | Технологические показатели, % | | |
|---|---|---|---|
| | выход | массовая доля | извлечение |
| 3. Концентрат | 6,4286 | 14,0 | 90,00 |
| 6. Хвосты | 93,5714 | 0,1069 | 10,00 |
| Исходный | 100,0000 | 1,0 | 100,00 |

Составим технологический баланс для следующих условий:

- массовая доля ценного компонента в руде – 1,0 %;
- массовая доля ценного компонента в концентрате – 14,0 %;
- извлечение ценного компонента в концентрат – 90 %.

Согласно информации, изложенной в п. 1.4.зададимся значениями массовой доли в продуктах операций флотации.

Определим массовые доли в концентратах операций:

основная: $\beta_1 = i_{осн} \cdot \alpha = 7{,}5 \cdot 1{,}0 = 7{,}5$ %;

перечистная: $\beta_3 = i_{переч} \cdot \beta_1 = 1{,}9 \cdot 7{,}5 = 14{,}25$ %;

контрольная $\beta_5 = i_{контр} \cdot \alpha = 2{,}0 \cdot 1{,}0 = 2$ %.

Так как концентрат перечистной операции является конечным продуктом, массовая доля в котором известна (14 %), то при дальнейшем расчёте принимаем $\beta_3$ = 14 %. При этом принятая степень концентрации ($i$=1,9) обеспечивает требуемое качество концентрата, так как 14,25 больше 14.

Массовую долю в промпродукте перечистной операции (хвостах) принимаем приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и этот продукт. В нашем случае $\beta_4$ может находиться в диапазоне от $\alpha$ до $2\alpha$ и составляет 1,1 %. Массовую долю в хвостах основной операции вычислим исходя из того, что степень концентрации в контрольной операции составляет 2-9, а массовая доля в концентрате контрольной равна $\beta_5$:

$$\beta_2 = \beta_5 / i_{контр} = 2{,}0 / 7 = 0{,}29\ \%.$$

Задавшись массовыми долями в каждом продукте, рассчитаем выходы продуктов в каждой операции. Расчёт ведётся с применением уравнений (10)-(11). Схема рассчитывается «снизу вверх», начиная с последней перечистной операции.

***Перечистная флотация***

Составим уравнение баланса для перечистной операции:

$$\begin{cases} \gamma_3 + \gamma_4 = \gamma_1; \\ \gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_4 \cdot \beta_4 = \gamma_1 \cdot \beta_1, \end{cases}$$

решив систему относительно $\gamma_1$, получим:

$$\gamma_1 = \gamma_3 \frac{\beta_3 - \beta_4}{\beta_1 - \beta_4} = 6{,}4286 \frac{14 - 1{,}1}{7{,}5 - 1{,}1} = 12{,}9576\ \%,$$

тогда $\gamma_4 = \gamma_1 - \gamma_3 = 12{,}9576 - 6{,}4286 = 6{,}5290$ %.

***Контрольная флотация***

Составим уравнение баланса для контрольной операции:

$$\begin{cases} \gamma_5 + \gamma_6 = \gamma_2; \\ \gamma_5 \cdot \beta_5 + \gamma_6 \cdot \beta_6 = \gamma_2 \cdot \beta_2, \end{cases}$$

решив систему относительно $\gamma_2$, получим:

$$\gamma_2 = \gamma_6 \frac{\beta_5 - \beta_6}{\beta_5 - \beta_2} = 93{,}5714 \frac{2 - 0{,}1069}{2 - 0{,}29} = 103{,}3333\ \%,$$

тогда $\gamma_5 = \gamma_2 - \gamma_6 = 103{,}3333 - 93{,}5714 = 9{,}7619\ \%$.

***Проверка***

По формуле (26) определим величину невязки:

$$\Delta = 100 \cdot \alpha - (\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta) = 100 \cdot \alpha - (\gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_6 \cdot \beta_6) =$$

$$= 100 \cdot 1{,}0 - (6{,}4289 \cdot 14 + 93{,}5714 \cdot 0{,}1069) = -0{,}003 = -3 \cdot 10^{-3}\ \%^2.$$

Извлечения в продукты операций разделения рассчитываются по формулам (18)-(19). Результаты расчёта схемы представлены на рис. 6 и в табл. 3, 4.

**Рис. 6. Качественно-количественная схема обогащения**

Таблица 4

## Результаты расчёта качественно-количественной схемы обогащения

| ПОСТУПАЕТ | | | | ВЫХОДИТ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Номер и наименование продукта** | **Выход, %** | **Массовая доля, %** | **Извлечение, %** | **Номер и наименование продукта** | **Выход, %** | **Массовая доля, %** | **Извлечение, %** |
| **Основная флотация** | | | | | | | |
| Исходный | 100,0000 | 1 | 100 | 1. Концентрат основной флотации | 12,9576 | 7,5 | 97,18 |
| 4. Промпродукт перечистной флотации | 6,5290 | 1,1 | 7,18 | 2. Хвосты основной флотации | 103,3333 | 0,29 | 29,52 |
| 5. Концентрат контрольной флотации | 9,7619 | 2 | 19,52 | | | | |
| **Итого:** | **116,2909** | **1,09** | **126,70** | **Итого:** | **116,2909** | **1,09** | **126,70** |
| **Перечистная флотация** | | | | | | | |
| 1. Концентрат основной флотации | 12,9576 | 7,5 | 97,18 | 3. Концентрат | 6,4286 | 14,0000 | 90,00 |
| | | | | 4. Промпродукт перечистной флотации | 6,5290 | 1,1 | 7,18 |
| **Итого:** | **12,9576** | **7,5** | **97,18** | **Итого:** | **12,9576** | **7,5** | **97,18** |
| **Контрольная флотация** | | | | | | | |
| 2. Хвосты основной флотации | 103,3333 | 0,29 | 29,52 | 5. Концентрат контрольной флотации | 9,7619 | 2,00 | 19,52 |
| | | | | 6. Хвосты | 93,5714 | 0,1069 | 10,00 |
| **Итого:** | **103,3333** | **0,29** | **29,52** | **Итого:** | **103,3333** | **0,29** | **29,52** |

# 3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Номер варианта задается преподавателем. Номера задач в каждом варианте принимаются по таблице:

| Вариант | Контрольная работа № 1 | Контрольная работа № 2 | Контрольная работа № 3 |
|---|---|---|---|
| | номера задач | | номер схемы |
| 1 | 3, 11, 21, 35 | 3, 15 | 1 |
| 2 | 4, 15, 22, 38 | 10, 16 | 2 |
| 3 | 10, 13, 29, 33 | 4, 19 | 3 |
| 4 | 6, 14, 27, 31 | 8, 14 | 4 |
| 5 | 2, 18, 25, 36 | 1, 20 | 5 |
| 6 | 8, 17, 23, 37 | 5, 18 | 6 |
| 7 | 9, 20, 26, 32 | 7, 17 | 7 |
| 8 | 7, 19, 28, 40 | 9, 11 | 8 |
| 9 | 5, 12, 24, 39 | 2, 12 | 9 |
| 0 | 1, 16, 30, 34 | 6, 13 | 10 |

## 3.1. Контрольная работа № 1

| Номер задачи | Условия задачи |
|---|---|
| 1 | Рассчитать выход никелевого концентрата, если массовая доля никеля в исходной руде составляет 3,4 %. Массовая доля никеля в концентрате 12 %, извлечение никеля в концентрат составляет 80 %. |
| 2 | Определить сколько тонн концентрата в сутки выдает фабрика, если выход концентрата составляет 4 %, а производительность фабрики по руде равна 800 т/ч. |
| 3 | Определить выход концентрата и хвостов, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей меди 1,6 %, а после обогащения получают два продукта; концентрат с массовой долей меди 18 % и хвосты с массовой долей меди 0,2 %. |
| 4 | Рассчитать выход концентрата и извлечение свинца в концентрат, если фабрика перерабатывает 14000 т руды в сутки с массовой долей свинца 2,4 % и получает 600 т концентрата с массовой долей свинца 50 %. |
| 5 | Определить суточную производительность фабрики по руде, если фабрика выдает 800 т концентрата в сутки при выходе 2,5 %. |
| 6 | Определить массовую долю компонента в хвостах, если из 1000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 16 т концентрата при извлечении 90 %. |
| 7 | Определить потери никеля в медном концентрате, если массовая доля никеля в нем равна 1,0 % и выход медного концентрата составляет 10 %. Массовая доля никеля в исходной руде равна 3 %. |

| Номер задачи | Условия задачи |
|---|---|
| 8 | Определить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде составляет 5 000 т, массовая доля свинца в руде 1,8 %, а в концентрате 60 %. Извлечение свинца в концентрат 92 %. |
| 9 | Определить извлечение цинка в концентрат, если при суточной производительности фабрики 5000 т получают 150 т концентрата. Массовая доля цинка в руде 2 %, а в концентрате 60 %. |
| 10 | Определить потери меди и цинка в хвостах, если извлечение меди и цинка в медный концентрат соответственно 90 и 5 %, а в цинковый 6 и 85 %. |
| 11 | Определить выход медного концентрата, если массовая доля меди в руде 1,5 % в медном концентрате 18 %, а потери меди в хвосты 10 %. |
| 12 | Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей полезного компонента 20 %, а получает концентрат с массовой долей компонента 50 % и хвосты, с массовой долей компонента 2 %. |
| 13 | Рассчитать выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если из 1 000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 13 т концентрата с массовой долей полезного компонента 60 %. |
| 14 | Определить, сколько тонн железного концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 15 000 т, массовая доля железа в руде 18 %, а в концентрате 66 %. Извлечение железа в концентрат 90 %. |
| 15 | Определить извлечение цинка в концентрат, если массовая доля цинка в руде 2 %, в концентрате 50 %, в хвостах 0,5 %. |
| 16 | Рассчитать, сколько руды нужно переработать для получения 500 т концентрата, если его выход составляет 5 %. |
| 17 | Определить потери меди с цинковым концентратом, если выход цинкового концентрата 5 %, а массовая доля меди в нем 2 %. Массовая доля меди в исходной руде 1,2 %. |
| 18 | Рассчитать, сколько нужно переработать руды с массовой долей меди 1 % для получения 100 т концентрата с массовой долей меди 20 %, Массовая доля меди в хвостах 0,1 %. |
| 19 | Определить массовую долю компонента в хвостах, если извлечение его в концентрат 90 %, выход хвостов 95 %, массовая доля в исходном продукте 1 %. |

| Номер задачи | Условия задачи |
|---|---|
| 20 | Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат составило 90 % при выходе концентрата 3,6 %. |
| 21 | Определить массовую долю компонента в исходной руде, если выход концентрата 8 %, извлечение 90 % и массовая доля компонента в нем 60 %. |
| 22 | Определить потери меди в цинковом концентрате, полученном при обогащении медно-цинковой руды с массовой долей меди 1,0 %, если выход цинкового концентрата 4,5 %, массовая доля меди в нем 4 %. |
| 23 | Определить количество свинца, потерянного в хвостах при флотации 6000 т руды с массовой долей свинца 4 %, если извлечение его в концентрат 85 %. |
| 24 | Шахта выдает рядовой уголь из трех лав: первая лава – 300 т/ч, $A^d$=9 %; вторая лава – 200 т/ч, $A^d$=12%; третья лава – 500 т/ч, $A^d$=8 %. Определить зольность угля, поступающего на обогащение. |
| 25 | Определить массовую долю железа в концентрате, если при обогащении железной руды с массовой долей железа 20 % выход концентрата 30 %, а извлечение 90 %. |
| 26 | Определить выход концентрата и извлечение $P_2O_5$ в концентрат, получаемый при обогащении апатитовой руды с массовой долей 20 % $P_2O_5$, если массовая доля $P_2O_5$ в концентрате 34,5 %, в хвостах 1 %. |
| 27 | Определить массовую долю золы и извлечение ее в хвосты, если ее извлечение в концентрат составляет 7 % при его выходе 70 %. Массовая доля золы в рядовом угле 24 %. |
| 28 | Определить массовую долю молибдена в концентрате, если при обогащении руды с массовой долей молибдена 0,1 %, выход концентрата 0,15 % при извлечении в него молибдена 80 %. |
| 29 | Определить выход концентрата и потери полезного компонента в хвостах, если из 2000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 %, получено 26 т концентрата с массовой долей полезного компонента 48 %. |
| 30 | Определить зольность рядового угля, если на фабрику он поступает с трех шахт: 30 % – с шахты № 1, 50 % – с шахты № 2 и остальное с шахты №3. Зольность углей каждой шахты составляет соответственно 21, 19,5 и 24 %. |
| 31 | Фабрика после обогащения 3000 т руды с массовой долей металла 0,5 % получила 24 т концентрата с массовой долей металла 54 %. Какое извлечение было достигнуто при обогащении? |
| 32 | Сколько перерабатывает руды фабрика, если получается 100 т/ч концентрата с массовой долей меди 19,6 %. Массовая доля меди в руде 0,8 %, в хвостах 0,18 %. |

| Номер задачи | Условия задачи |
|---|---|
| 33 | Фабрика обогащает руду с массовой долей марганца 18 %. Производительность фабрики по руде составляет 300 т/ч. Определить выход концентрата и извлечение марганца в него, если массовая доля марганца в концентрате 45 %, а выпускается концентрата 60 т/ч. |
| 34 | Определить извлечение меди в концентрат, если при производительности фабрики 3000 т/сут получают 90 т концентрата с массовой долей меди 24 %. Руда поступает на фабрику с двух рудников в равном количестве с массовой долей меди соответственно 1,2 и 0,8 %. |
| 35 | На фабрику поступает рядовой уголь с зольностью 20 % и получается концентрат с зольностью 10 %. Каков выход концентрата и зольность хвостов, если производительность фабрики 350 т/ч, а на хвостохранилище отправляется 70 т/ч хвостов? |
| 36 | Определить выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если на фабрику поступает руда с массовой долей полезного компонента 15 %, а после обогащения получают концентрат и хвосты с массовой долей полезного компонента в них соответственно 45 и 5 %. |
| 37 | Определить количество олова и его массовую долю в суммарном концентрате, если на фабрике получают оловянный концентрат после обогащения руды на отсадочных машинах и концентрационных столах. С отсадочных машин получают 3 т/сут концентрата с массовой долей олова 20 %, а со столов – 2 т/сут, с массовой долей олова 15 %. |
| 38 | Определить выход и массу концентрата зольностью 8 %, получаемого при обогащении угля, если фабрика обогащает 250 т/ч угля с зольностью 16 % и получает хвосты с зольностью 65 %. |
| 39 | Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат 88 %, а выход концентрата 4 %. |
| 40 | Рассчитать потери меди в цинковом концентрате, получаемом при обогащении медно-цинковой руды, поступающей на фабрику с двух рудников с массовой долей меди соответственно 1,5 % (60 % от общего количества руды) и 2 % (40 % от общего количества руды). Выход цинкового концентрата 10 %, массовая доля меди в нем 4 %. |

## 3.2. Контрольная работа № 2

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th colspan="3">Условия задачи</th></tr>
<tr><td colspan="4">Построение гранулометрических характеристик</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-1+0,5</td><td>31</td></tr><tr><td>-0,5+0,25</td><td>24</td></tr><tr><td>-0,25+0,15</td><td>15</td></tr><tr><td>-0,15+0</td><td>30</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу». Определить по ней выход класса +0,3 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-20+10</td><td>30</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>28</td></tr><tr><td>-5+2,5</td><td>17</td></tr><tr><td>-2,5+1</td><td>13</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>12</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+4 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-25+12</td><td>42</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>18</td></tr><tr><td>-6+3</td><td>16</td></tr><tr><td>-3+1</td><td>9</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -10+5 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -200+75 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -160+40 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>6</td><td colspan="2"><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-15+10</td><td>25</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>30</td></tr><tr><td>-5+2</td><td>20</td></tr><tr><td>-2+1</td><td>10</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+1 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th>Условия задачи</th></tr>
<tr><td>7</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-1+0,5</td><td>26</td></tr><tr><td>-0,5+0,3</td><td>29</td></tr><tr><td>-0,3+0,15</td><td>21</td></tr><tr><td>-0,15+0,1</td><td>10</td></tr><tr><td>-0,1+0</td><td>14</td></tr></table>По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -0,4+0,12 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>8</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-100+50</td><td>22</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>25</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>38</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr><tr><td>-6+0</td><td>5</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -40+15 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>9</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-100+75</td><td>10</td></tr><tr><td>-75+50</td><td>22</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>18</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>20</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr><tr><td>-6+0</td><td>20</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -60+20 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>10</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-50+25</td><td>20</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>13</td></tr><tr><td>-12+5</td><td>7</td></tr><tr><td>-5+3</td><td>5</td></tr><tr><td>-3+0</td><td>55</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -10 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Расчёт эффективности грохочения</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Определить эффективность грохочения материала -500+0 мм на сетке с размером отверстий 200 мм, если массовая доля класса -200+0 мм в надрешетном продукте 10 %. Характеристику крупности исходной руды принять по прямой линии.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Определить массовую долю класса менее размера отверстия сита в исходном для грохочения продукте, если выход подрешетного продукта составляет 70 % при эффективности грохочения 80 %.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Определить массовую долю нижнего класса в исходной руде, если выход подрешетного продукта составляет 40 %, а эффективность грохочения 80 %.</td></tr>
</table>

| Номер задачи | Условия задачи |
|---|---|
| 14 | Определить к.п.д. грохота, если массовая доля нижнего класса в руде 40 %, а в надрешетном продукте 10 %. |
| 15 | Определить эффективность грохочения материала крупностью 200 мм на сетке с размером отверстия 50 мм, если выход надрешетного продукта 80 %. Гранулометрическую характеристику материала принять по прямой линии. |
| 16 | С какой эффективностью производится грохочение руды по сетке с размером отверстия 60 мм, если выход надрешетного продукта 82 %, гранулометрическая характеристика руды представляется прямой линией и максимальный кусок имеет диаметр 300 мм? |
| 17 | Какова эффективность грохочения, если выход надрешетного продукта 60 % и массовая доля нижнего класса в нем составляет 10 %? |
| 18 | Определить выход продуктов грохочения, если массовая доля нижнего класса в руде 50 %, в надрешетном продукте 10 %. |
| 19 | Рассчитать эффективность грохочения по всему нижнему классу, если выход надрешетного продукта 40 %, а массовая доля зерен крупнее размера отверстий сетки в руде составляет 35 %. |
| 20 | Определить производительность грохота по руде, если массовая доля нижнего класса в руде 30 % и в надрешетном продукте 10 %. Масса надрешетного продукта 778 т/ч. |

## 3.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели всех продуктов для заданной по варианту схемы обогащения. Значениями массовой доли для промежуточных операций и продуктов схемы задаться самостоятельно.

### Исходные данные для расчёта схем

| Номер схемы | Массовая доля, % | | Извлечение в концентрат, % |
|---|---|---|---|
| | в исходном | в концентрате | |
| 1 | 1,7 | 43 | 85 |
| 2 | 1,0 | 17 | 87 |
| 3 | 1,5 | 33 | 95 |
| 4 | 1,6 | 22 | 90 |
| 5 | 1,2 | 45 | 97 |
| 6 | 1,8 | 23 | 89 |
| 7 | 1,4 | 25 | 93 |
| 8 | 2,5 | 6,5 | 80 |
| 9 | 1,5 | 20 | 84 |
| 10 | 1,3 | 23 | 88 |

*Схема № 1*

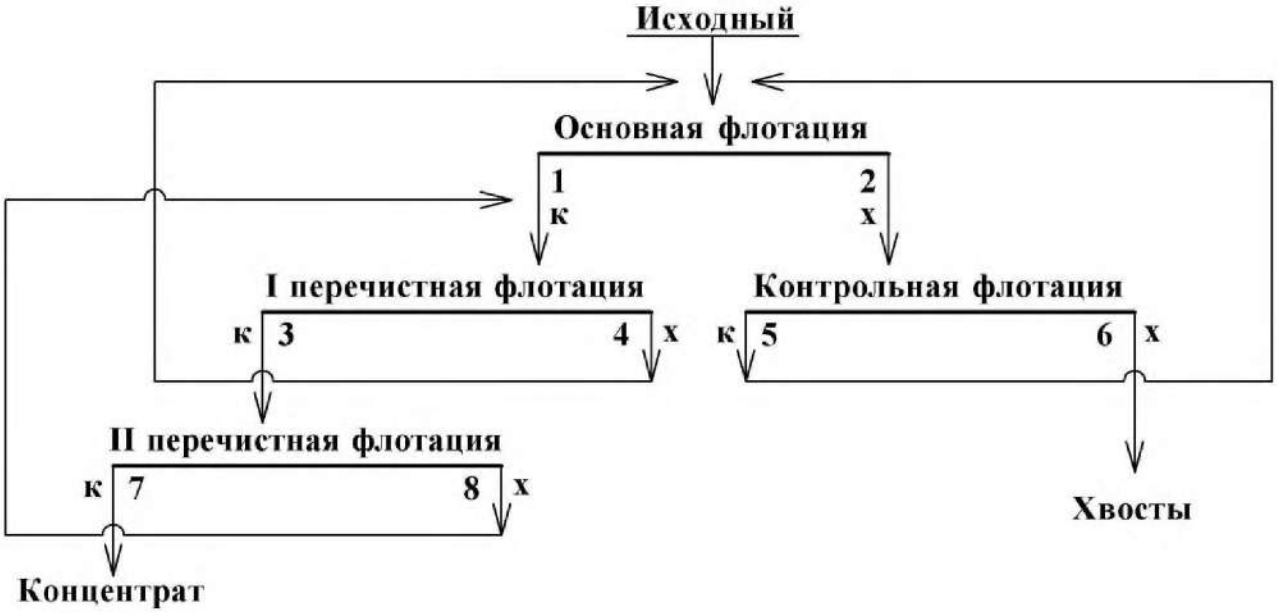



*Схема № 2*

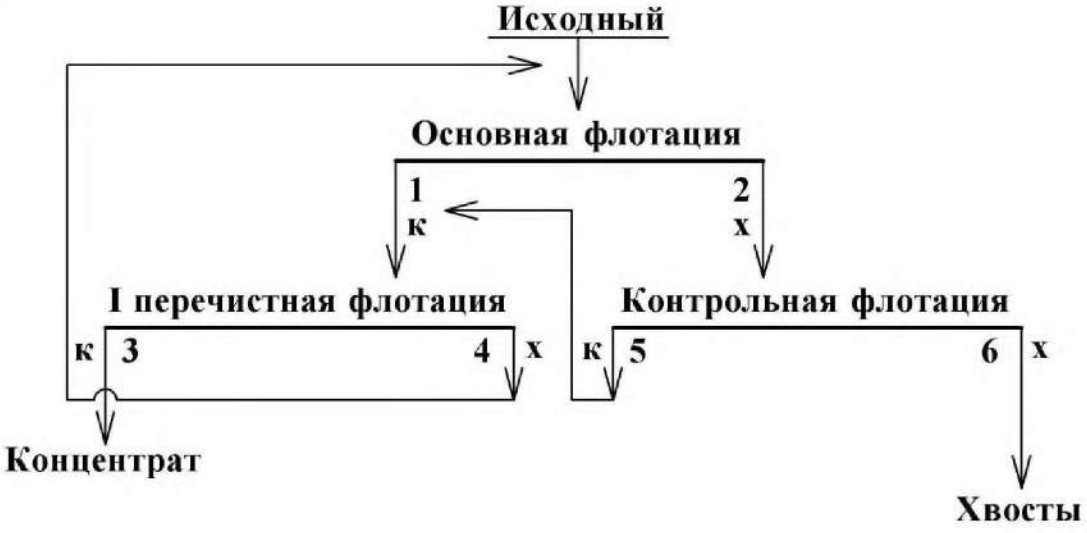


*Схема № 3*

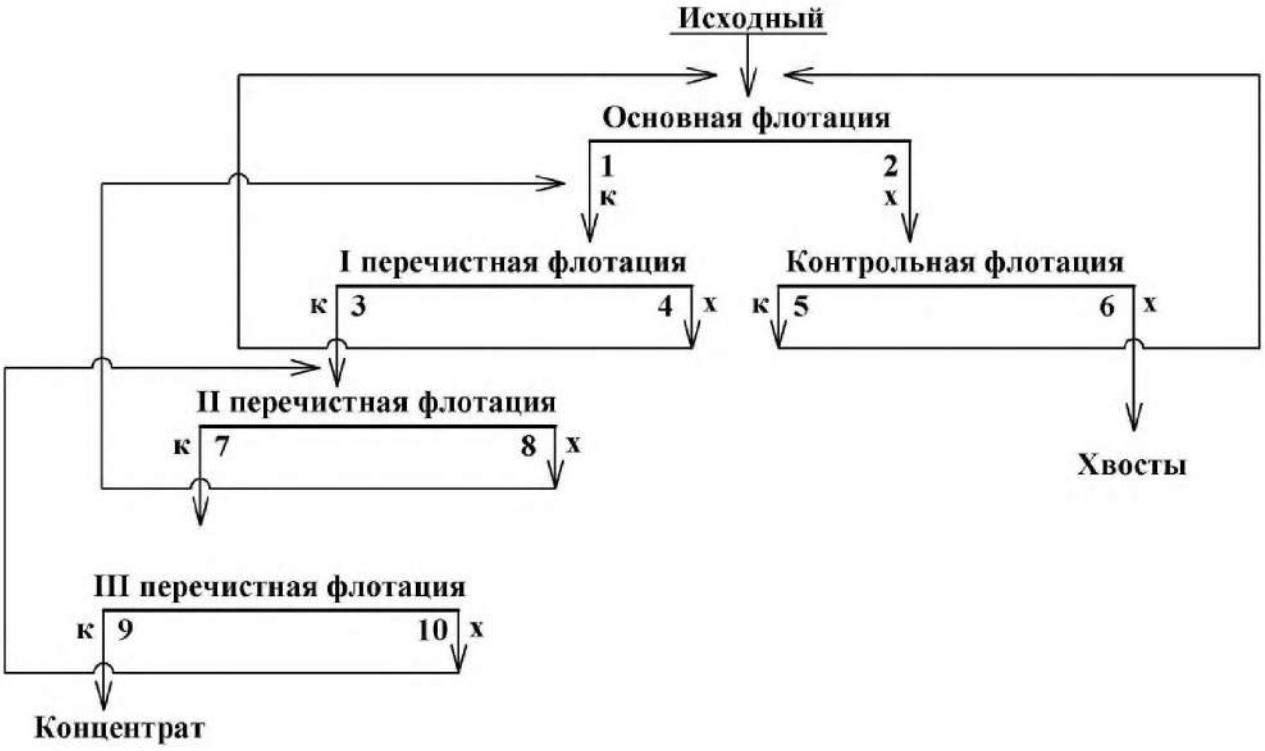



*Схема № 4*

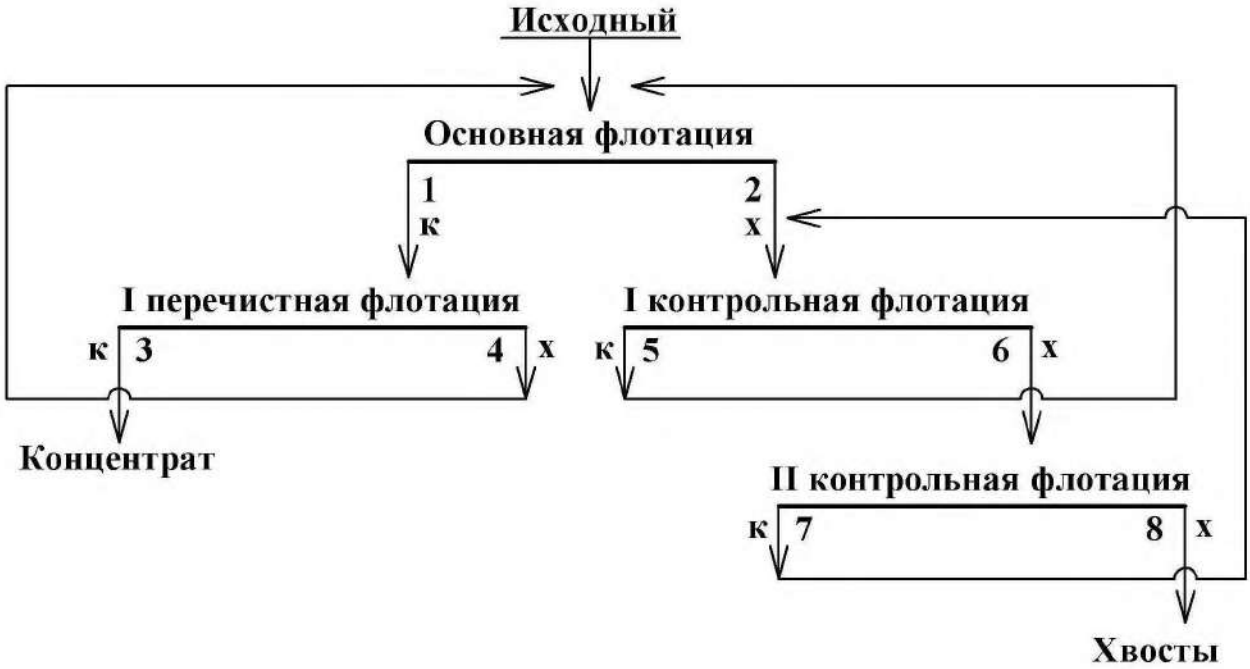


*Схема № 5*

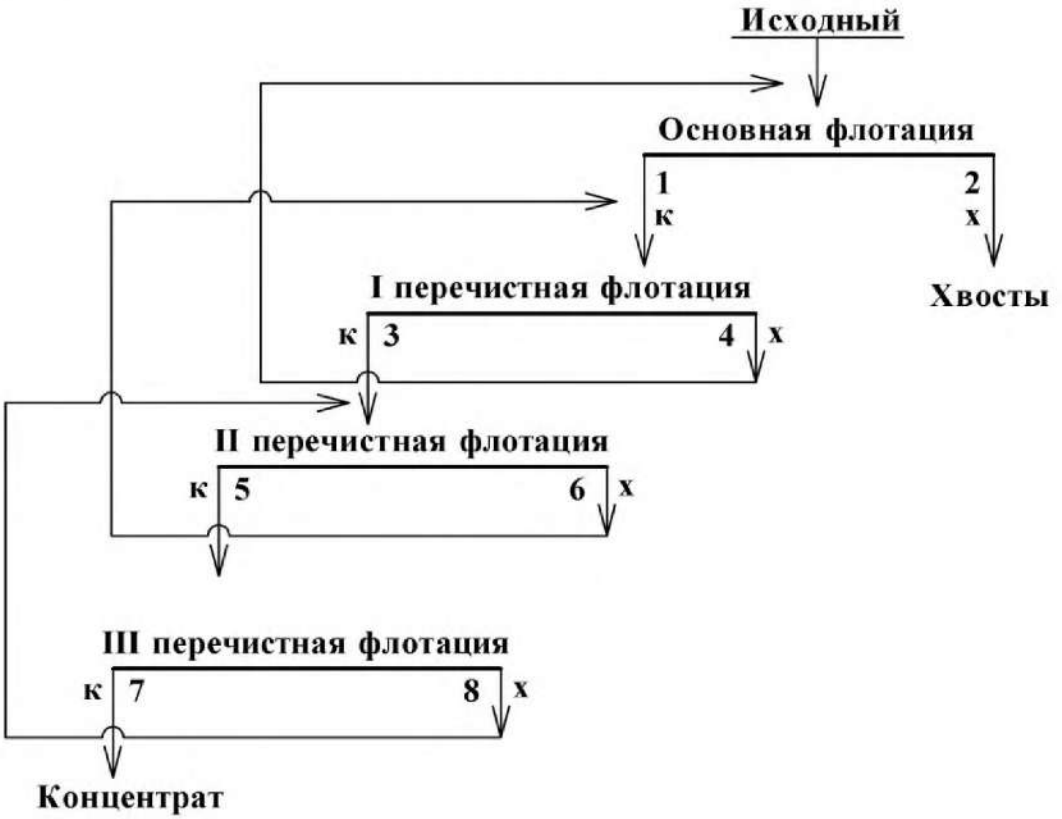



*Схема № 6*

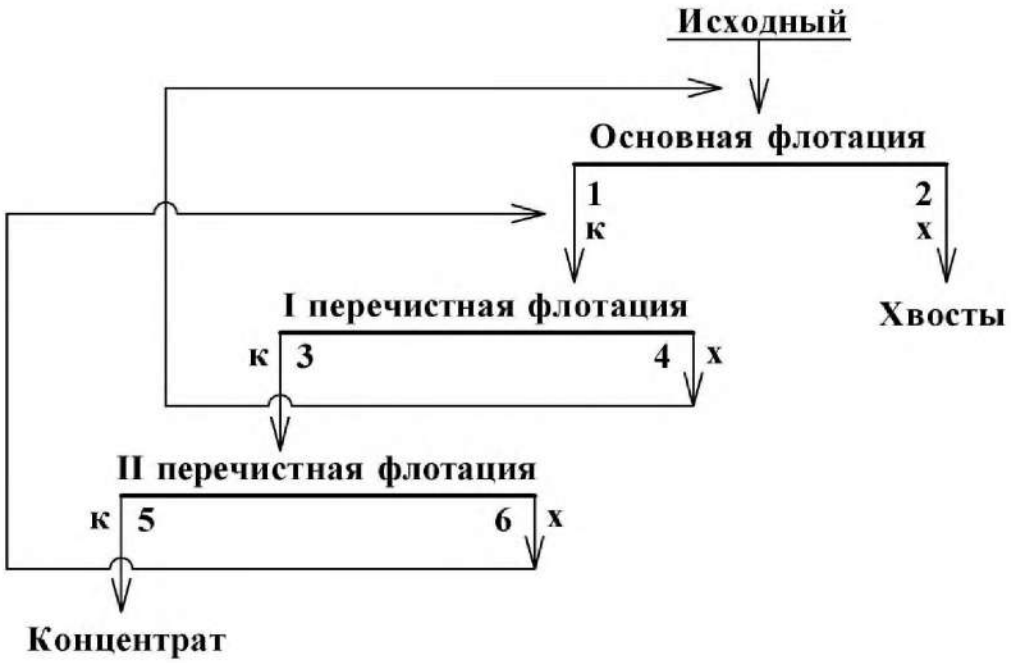


*Схема № 7*

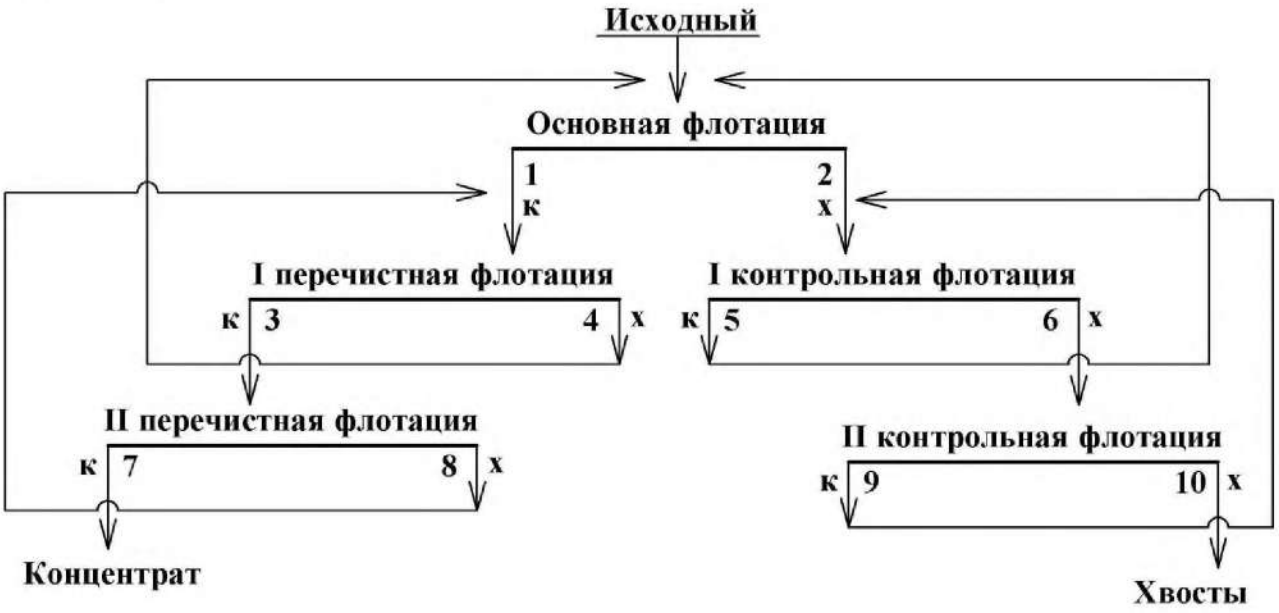



*Схема № 8*

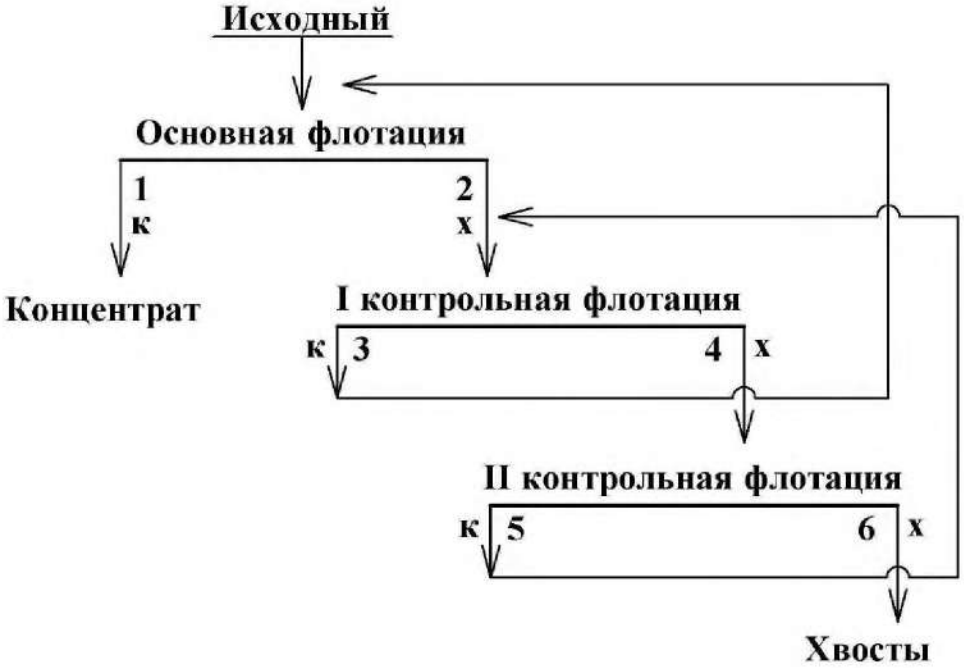
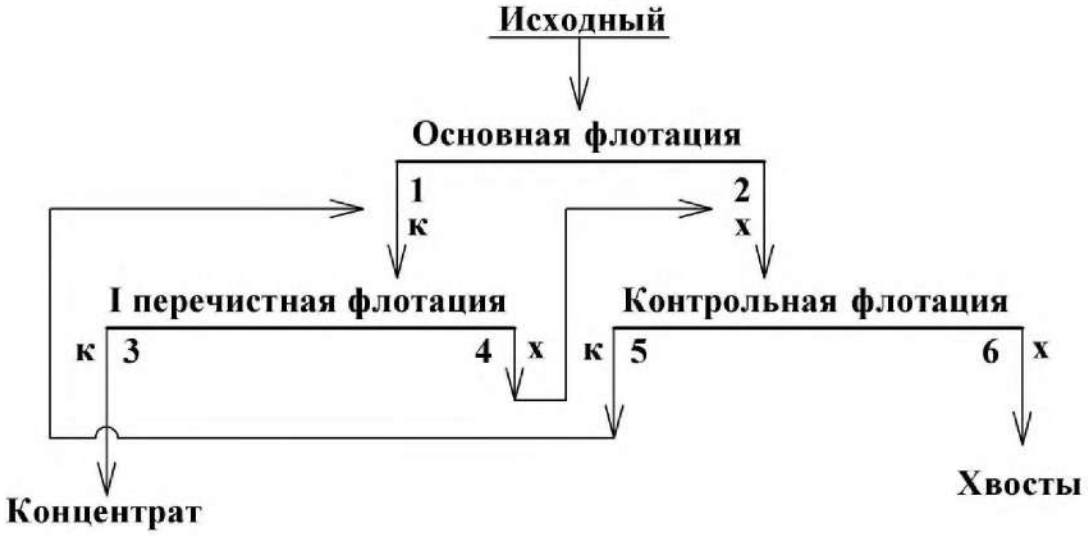


*Схема № 9*

*Схема № 10*




## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комлев С. Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 121 с.
2. *Комлев С. Г.* Технологические расчеты в обогащении полезных ископаемых. Выбор оборудования: методические указания по выполнению технологических разделов курсовых проектов и работ / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 64 с.

Учебное издание

Комлев Сергей Григорьевич

Овчинникова Татьяна Юрьевна

Водовозов Константин Александрович

# ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор: *И. В. Козлов*

Подписано в печать 27.01.2014 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,19. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 200 экз. Заказ №____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

# ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Учебно-методическое пособие*
по выполнению практических работ
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического факультета
«____» _____ 2019 г.
Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

# ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ** ..... 4
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1**. ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ..... 5
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2**. ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ..... 7
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3**. СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ ..... 8
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4**. ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ ..... 12
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5**. ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ ..... 16
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6**. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ ..... 19
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7**. КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ ..... 21
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8**. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ..... 26
**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК** ..... 29
**ПРИЛОЖЕНИЕ А** ..... 30
**ПРИЛОЖЕНИЕ Б** ..... 31

## ВВЕДЕНИЕ

Цель практических занятий – развитие навыков проведения лабораторных опытов и помощь в закреплении теоретических знаний по дисциплине.

Практические работы выполняются побригадно, а отчёт по работе каждый студент составляет самостоятельно. Отчёт по работе должен содержать изложение последовательности выполнения работы с необходимыми расчётами (таблица 1.1), схемой подготовки проб, схемой устройства для проведения опытов, эскизами основных узлов, таблицами результатов опытов, графиками, математическими зависимостями и выводами по проделанной работе.

Таблица 1.1 – Расчётные выражения для определения показателей обогащения

| № п/п | Показатель | Расчётные выражения | |
|---|---|---|---|
| | | **два продукта разделения** | ***n* продуктов разделения** |
| 1 | Баланс по материалу | $Q = C + T$<br>$100 = \gamma_{к} + \gamma_{х}$ | $Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$<br>$100 = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i$ |
| 2 | Баланс по ценному компоненту | $Q \cdot \alpha = C \cdot \beta + T \cdot \vartheta$<br>$100 \cdot \alpha = \gamma_{к} \cdot \beta + \gamma_{х} \cdot \vartheta$<br>$100 = \varepsilon_{к} + \varepsilon_{х}$ | $100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i$ |
| 3 | Массовая доля ценного компонента | $\alpha = (P_{\alpha} / Q) \cdot 100,\ \%$<br>$\beta = (P_{\beta} / \tilde{N}) \cdot 100,\ \%$<br>$\vartheta = (P_{\vartheta} / T) \cdot 100,\ \%$ | $\beta_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot 100,\ \%$ |
| 4 | Выход продукта | $\gamma_{к} = (C/Q) \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$<br>$\gamma_{х} = (T/Q) \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$ | $\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100,\ \%$ |
| 5 | Извлечение ценного компонента в продукт | $\varepsilon_{к} = \frac{C \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta) \cdot \beta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$<br>$\varepsilon_{х} = \frac{T \cdot \vartheta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha) \cdot \vartheta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$ | $\varepsilon_i = \gamma_i \cdot \frac{\beta_i}{\alpha}$ |

где $Q$, $C$, $T$ – массы исходного материала, концентрата и хвостов, соответственно; $\gamma_к$; $\gamma_х$ – выход концентрата и хвостов, соответственно; $\alpha$, $\beta$, $\vartheta$ – массовые доли компонента соответственно в исходном материале, в кон-

центрате, хвостах; $Q_i$, $\gamma_i$, – масса и выход $i$-ого продукта; $P_\alpha$, $P_\beta$, $P_\vartheta$, $P_i$ – масса ценного компонента в исходном материале, концентрате, хвостах, в $i$-ом продукте разделения; $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в концентрат и в хвосты, соответственно.

На титульном листе отчёта должны быть указаны название работы, шифр группы, фамилия исполнителя. Отчёт должен быть подписан студентом.

Защиту отчёта проводят после его проверки преподавателем. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, способы управления и органы управления, методику проведения работы, формулы (таблица 1.1), использованные для расчётов, а также уметь объяснять полученные результаты и закономерности.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1
## ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

***1. Цель:***

- изучить конструкции щековой и валковой дробилок;
- изучить способ дробления исходного продукта;
- определить степень дробления;
- определить фактическую производительность щековой и валковой дробилок.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба материала (крупность 150-0 мм);
- дробилка щековая;
- дробилка валковая;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу материала.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию дробилки и определить конструктивные и механические параметры.
4. Определить средний максимальный кусок до дробления.
5. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через ще-

ковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.

6. Определить средний максимальный кусок после дробления.
7. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через валковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.
8. Определить средний максимальный кусок после дробления.
9. Убрать рабочее место в лаборатории.
10. Обработать результаты работы.
11. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 1***

Для определения среднего максимального куска руды, как до, так и после дробления, отбирают 3 максимальных куска (визуально) и производят замер каждого из них в трёх направлениях. Для удобства рекомендуется использовать ёмкость с прямым углом, в уголок которой следует поместить кусок и обмерить.

Величину (мм) максимального куска $D$ определяют по формуле среднеарифметического:

$$D = \frac{L + B + H}{3},$$

где $L$ – длина куска, мм;

$B$ – ширина куска, мм;

$H$ – высота куска, мм.

Средний максимальный размер куска определяют по формуле:

$$D_{\max}^{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}.$$

Аналогично рассчитывают средний максимальный кусок для дроблёного материала $d_{\max}^{\text{ñð}}$.

Степень дробления находят по формуле:

$$i_{cp} = \frac{D_{\max}^{\text{ср}}}{d_{\max}^{\text{ср}}},$$

где $D_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды до дробления, мм;

$d_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды после дробления, мм.

Фактическую производительность $Q$ определяют по формуле:

$$Q = 3{,}6\frac{q}{t},\ \text{т/ч},$$

где $q$ – количество дробленой руды, кг;

$t$ – время дробления, с.

В выводах по работе следует отразить результаты определения степеней дробления и производительности дробилок.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2
## ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

***1. Цель:***

- изучить конструкцию и работу самоцентрирующегося инерционного грохота;
- изучить способ изменения режима работы грохота;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию грохота и определить конструктивные и механические параметры.
4. Засыпать пробу в приёмный бункер при закрытом затворе.
5. Включить грохот. Открыть затвор бункера для подачи материала на просеивающую поверхность. Продолжительность грохочения оценивать с точностью до десятых долей секунды: начало – в момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность; окончание – в момент выхода из бункера основной массы материала. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.
6. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («пуск-остановка» – два-три раза) до полной очистки.

7. Взвесить надрешётный и подрешётный продукты.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы, определить эффективность грохочения.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 2***

Определение эффективности грохочения.

Существуют несколько методов определения эффективности грохочения, характеризующих полноту перехода частиц менее размера отверстия просеивающей поверхности в подрешётный продукт.

Наиболее общим является метод, рассматривающий эффективность грохочения как отношение массы подрешетного материала ко всей массе материала такой же крупности, содержащейся в руде, поступающей на грохот

$$E_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100, \%,$$

где $Q_1$ – масса подрешётного материала (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

$Q_2$ – масса материала той же крупности в исходном материале, поступающем на грохочение (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

$a$ – размер отверстий просеивающей поверхности грохота, мм.

Однако, на производстве практически трудно взвешивать подрешётный продукт. Для определения эффективности грохочения отбирают пробы исходной руды и надрешётного продукта, определяют в них содержание класса крупности $-d_c+0$ мм. Эффективность грохочения рассчитывают по формуле:

$$E_2 = \frac{\alpha - \vartheta}{\alpha \cdot (100 - \vartheta)} \cdot 10^4, \%$$

где $\alpha$ – массовая доля зерен минус $a$ в исходном продукте, %;

$\vartheta$ – массовая доля зерен минус $a$ в верхнем продукте, %.

В выводах по работе следует привести результаты расчёта эффективности грохочения по двум формулам и сравнить их.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3
## СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ

***1. Цель:***

- изучить методику проведения ситового анализа;

- определить гранулометрический состав продукта;
- изучить конструкцию и работу вибровстряхивателя;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба материала крупностью –1+0 мм;
- набор стандартных лабораторных сит;
- вибровстряхиватель;
- весы электронные.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию стандартных сит и вибровстряхивателя.
4. Собрать комплект сит и поместить пробу на верхнее сито.
5. Провести ситовый анализ в течение времени, заданного преподавателем.
6. Определить массы полученных классов крупности: содержимое каждого сита перенести на листы бумаги и подписать классы; взвесить полученные классы крупности.
7. Убрать рабочее место в лаборатории.
8. Обработать результаты работы: рассчитать частный и суммарный выходы классов крупности в процентах от исходной навески, построить частную и суммарную гранулометрические характеристики.
9. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 3***

При проведении исследования на обогатимость полезных ископаемых весьма важной операцией является ситовый анализ.

Для производства ситовых анализов используют набор лабораторных стандартных сит. Конструкция стандартных сит представляет собой круглые ободы диаметром 150-300 мм, высотой от 25 до 50 мм, со вставленными в эти ободы ситами. Набор сит собирают в комплект с крышкой и поддоном.

Размеры отверстий смежных сит должны изменяться плавно, с определенной закономерностью. Почти во всех стандартных ситах это осуществляется применением постоянного множителя – модуля ситовой шкалы. Последовательный ряд размеров отверстий сит составляет геометрическую прогрессию – шкалу классификации.

Практическую работу выполняют на наборе сит с модулем 2.

За основание в наборе сит принято сито 200 меш, где 200 – число отверстий на одном линейном дюйме сетки. Размер отверстия этого сита равен 0,071 мм. На основание последовательно устанавливают сита с размерами отверстий 0,16 мм, 0,315 мм, 0,63 мм, 1,25 мм, 2,5 мм. Нижнее сито устанавливают в поддон такого же диаметра.

На верхнее сито загружают пробу материала в количестве 100-150 г, плотно закрывают крышкой, комплект сит устанавливают на вибровстряхиватель и закрепляют.

Продолжительность ситового анализа для данной пробы определяют экспериментально.

Первоначально продолжительность встряхивания принимается равной 10 минутам, после чего содержимое каждого сита переносят на листы бумаги и классы подписывают.

Качество рассева проверяют по классу минус 0,071 мм. Для этой цели класс крупности –0,16+0,071 мм взвешивают, переносят снова на сито 0,071 мм и подвергают ручному рассеву в течение 1 мин.

Если в результате контрольного рассева выход класса крупности минус 0,071 мм меньше 1 % от первоначальной массы класса крупности –0,16+0,071 мм, то рассев можно считать оконченным, каждый класс крупности взвешивают, и рассчитывают выходы классов крупности.

Если выход класса крупности минус 0,071 мм при контрольном рассеве более 1 %, то все классы крупности подвергают повторному рассеву в течение 5 мин.

После дополнительного просеивания снова повторяют контрольный ручной рассев, как это было описано выше, и так до тех пор, пока при контрольном рассеве выход класса крупности минус 0,071 мм не окажется менее 1 %. После этого все полученные классы крупности взвешивают, и результаты ситового анализа заносят в таблицу 3.1.

Расчёты частных выходов осуществляют по формуле выхода из таблицы 1.1.

По данным таблицы 3.1 строят кривые ситового анализа (гранулометрические характеристики) по частным и суммарным выходам. При этом по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в миллиметрах, а по оси ординат – суммарные и частные выходы классов крупности в процентах.

Пример представления результатов ситового анализа приведён в таблице 3.2 и на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты ситового анализа

| Классы крупности, мм | Выход | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Частный | | Суммарный | |
| | г | % | «по плюсу» | «по минусу» |
| +2,5 | | | | 100,0 |
| –2,5+1,25 | | | | |
| –1,25+0,63 | | | | |
| –0,63+0,315 | | | | |
| –0,315+0,16 | | | | |
| –0,16+0,071 | | | | |
| –0,071+0 | | | 100,0 | |
| Итого | | 100,0 | | |

Таблица 3.2 – Результаты ситового анализа дроблёной руды

| Класс крупности, мм | Выход, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Частный | | Суммарный | |
| | г | % | «по плюсу» | «по минусу» |
| +2,5 | 15,0 | 8,33 | 8,33 | 100,00 |
| –2,5+1,25 | 12,0 | 6,67 | 15,00 | 91,67 |
| –1,25+0,63 | 20,0 | 11,11 | 26,11 | 85,00 |
| –0,63+0,315 | 25,0 | 13,89 | 40,00 | 73,89 |
| –0,315+0,16 | 35,0 | 19,44 | 59,44 | 60,00 |
| –0,16+0,071 | 55,0 | 30,56 | 90,00 | 40,56 |
| –0,071+0 | 18,0 | 10,00 | 100,00 | 10,00 |
| Итого: | 180,0 | 100,00 | - | - |

Суммарный выход «по плюсу» показывает, какой процент из всей исходной пробы остался бы на данном сите, если бы в данном наборе сит оно было верхним. Расчёт суммарного выхода «по плюсу» осуществляют сверху вниз.

Суммарный выход по «минусу» показывает, какой процент из всей исходной пробы прошел бы через данное сито, если бы в данном наборе сит оно было нижним. Расчёт суммарного выхода по «минусу» осуществляют снизу вверх.

По форме кривой делают вывод о преобладании в пробе крупных или мелких классов.

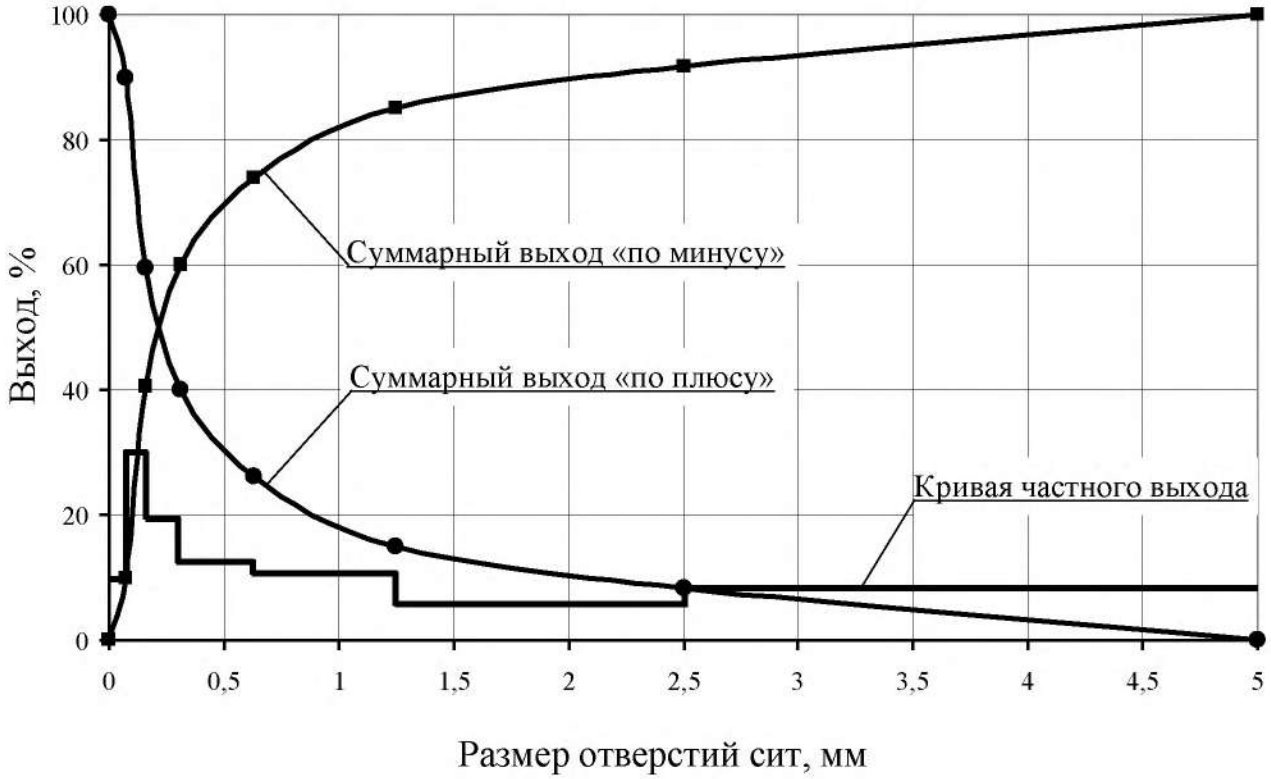



Рисунок 3.1 – Частная и суммарные гранулометрические характеристики

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4
## ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Гравитационные процессы обогащения основаны на различии в закономерностях движения различных минералов в той или иной среде под действием сил тяжести или инерционных сил. В большинстве случаев различие в закономерностях движения минералов в среде обусловлено разностью в плотности минералов, но нужно понимать, что это различие может быть обусловлено при разной плотности минералов различными размерами минеральных частиц или различной их формой.

К гравитационным процессам относят: обогащение отсадкой, обогащение на концентрационных столах, в винтовых и центробежных сепараторах, на шлюзах, обогащение в тяжёлых средах, классификация и другие. Гравитационные процессы, в зависимости от среды, в которой происходит обогащение, подразделяют на гидравлические (среда – вода) и пневматические (среда – воздух).

### *1. Цель:*

- изучить конструкцию и работу поршневой отсадочной машины;
- освоить регулировку процесса отсадки;

- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба (каменный уголь);
- машина отсадочная поршневая;
- совки;
- весы технические.

Процесс разделения минералов по плотности в вертикальном потоке воды, переменном по направлению и амплитуде, называется ***отсадкой***.

Практическую работу выполняют на гидравлической поршневой двухкамерной отсадочной машине с неподвижным решетом и с боковой разгрузкой тяжёлых фракций (рисунок 4.1).

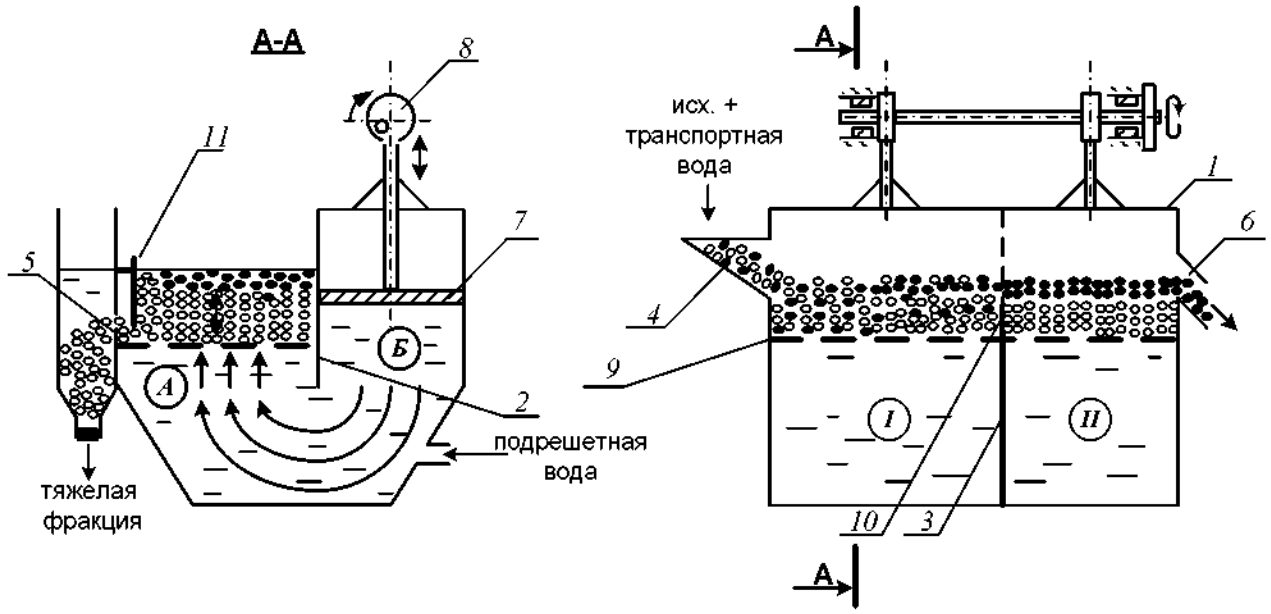



Рисунок 4.1 – Поршневая отсадочная машина

Машина состоит из корпуса 1, который продольной перегородкой 2, не доходящей до дна, разделён на два отделения: отсадочное А и поршневое Б, в котором расположены поршни 7, приводимые в движение эксцентриковым приводом 8.

Корпус машины разделён в поперечном направлении перегородкой 3 на два самостоятельных отделения. В отделении *I* со стороны загрузочной коробки 4 во время работы происходит накопление тяжёлой фракции (породы); в отделении *II* – сростков тяжёлого и лёгкого минералов (промежуточного продукта), а лёгкая фракция через сливной порог 6 выносится водой.

Расслоение обогащаемого материала отсадочной постели по плотности происходит в машине под действием вертикальных пульсаций подрешётной воды. При движении воды вверх зёрна меньшей плотности поднимаются выше, чем зёрна большей плотности (более тяжёлые). При движении потока воды вниз, наоборот, зёрна большей плотности оседают быстрее лёгких зерен. Так происходит постепенное расслоение материала, находящегося в машине, по плотностям.

Движение каждого минерального зерна и всей отсадочной постели вдоль машины по отсадочному решету 9 происходит за счёт транспортной воды и избытка подрешётной воды.

В начале работы, спустя некоторое время после начала загрузки исходного продукта в отделении *I* накапливается слой материала – отсадочная постель. Когда общая высота слоя материала будет больше высоты порога 10, разделяющего отсадочное решето в поперечном направлении, лёгкая фракция и часть тяжёлой фракции будут переходить во второе отделение машины *II*. Во втором отделении слой материала, накапливаясь и продвигаясь вдоль машины, достигает сливного порога 6, по которому лёгкие минералы вместе с водой скатываются, разгружаясь из машины.

Чтобы зёрна, имеющие большую плотность, не разгружались через сливной порог 6 при накоплении их в отделении *II* примерно до половины высоты сливного порога, открывают заслонки 11 в обоих отделениях, приподнимая их на такую высоту, чтобы в щели под заслонкой проходили зёрна тяжёлого минерала, но не уходили зёрна лёгкого минерала.

Разгрузку тяжёлой фракции в отделении *I* регулируют заслонкой 11 таким образом, чтобы получать в разгрузке только тяжёлые зерна (породу), а в отделении *II* – разгружать породу и сростки так, чтобы в слив уходил чистый уголь без частиц породы.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры поршневой отсадочной машины.
3. Провести обогащение каменного угля с получением трёх продуктов: лёгкой фракции (уголь), тяжёлой фракции (породы) и промежуточной фракции (промпродукта).
4. Открыть краны на трубопроводах, подающих транспортную и подрешётную воду и заполнить машину водой. Под разгрузочный порог подставить приёмник лёгкой фракции (коробка с

перфорированным дном).

5. Когда вода начнёт переливаться через порог 6, включить привод поршней машины. После этого начать загружать обогащаемый материал в приёмную коробку 4 вручную совками и продолжать загрузку до конца опыта.
6. При работе отсадочной машины необходимо следить за накоплением материала в отделениях *I*, *II*. Когда слой тяжёлых (породных) частиц достигнет примерно половины высоты сливного порога 6 во втором отделении, открыть заслонки 11, регулируя высоту их подъема, как указывалось выше. С этого момента начинается разгрузка породной и промпродуктовой фракции в боковые карманы.
7. В ходе работы необходимо следить за тем, чтобы отсадочная постель хорошо разрыхлялась в восходящем потоке воды и была подвижной – перемещалась импульсами вдоль машины. Последнее достигается одним или сочетанием следующих факторов оперативной регулировки:
   - изменением количества подаваемой подрешётной воды;
   - изменением количества загружаемого в машину обогащаемого продукта;
   - изменением величины разгрузочных щелей.

   Следует знать, что кроме этих факторов регулирования работы машины можно осуществлять изменением числа ходов поршней в минуту и величиной хода поршней (размахом колебаний). Значение этих факторов подбирают и устанавливают при настройке машины для обогащения того или иного исходного материала заранее, а при работе машины менять эти факторы не представляется возможным.
8. При работе машины необходимо следить за наполнением приёмников тяжёлой и промпродуктовой фракций, расположенных сбоку машины. Когда слой материала в приёмниках достигнет уровня разгрузочных щелей, опыт прекращают в такой последовательности:
   - прекратить загрузку материала в машину;
   - отключить привод машины;
   - прекратить подачу воды в машину.
9. Полученные продукты обогащения разгрузить, произвести обезвоживание дренированием и взвесить. Рассчитать выходы продуктов разделения.

10. Убрать рабочее место в лаборатории.
11. Обработать результаты работы.
12. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 4***

Массовые доли золы в продуктах задаёт преподаватель, остальные показатели рассчитывают по уравнению баланса и по известным формулам. Результаты расчета представляют в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты обогащения угля на поршневой отсадочной машине

| **Продукты обогащения** | **Выход** | | **Массовая доля золы, $A^d$, %** | **Извлечение золы, %** |
|---|---|---|---|---|
| | **кг** | **%** | | |
| Концентрат | | | | |
| Промпродукт | | | | |
| Хвосты (порода) | | | | |
| Итого: | | 100,0 | $A^d_{исх}$ | 100,0 |

В выводах по работе следует описать личные наблюдения за возможностью регулирования процесса отсадки в машине, сравнить качество полученных продуктов разделения на основании их визуальной оценки.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5
## ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Обогащение мелких классов крупности (менее 3-4 мм) оловянных, вольфрамовых, марганцевых и им подобных руд и углей осуществляют на сотрясательных концентрационных столах.

***1. Цель:***

- изучить конструкцию сотрясательного концентрационного стола;
- освоить регулировку процесса разделения на деке концентрационного стола при визуальном наблюдении за процессом разделения;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба измельчённой руды массой 5-7 кг;
- стол сотрясательный концентрационный СК-1;

- совки;
- весы технические.

Стол (рисунок 5.1) состоит из деки 1 с рифлями 2, привода деки 3, механизма изменения угла наклона деки 4, питающего жёлоба 5, жёлоба для подачи смывной воды 6.

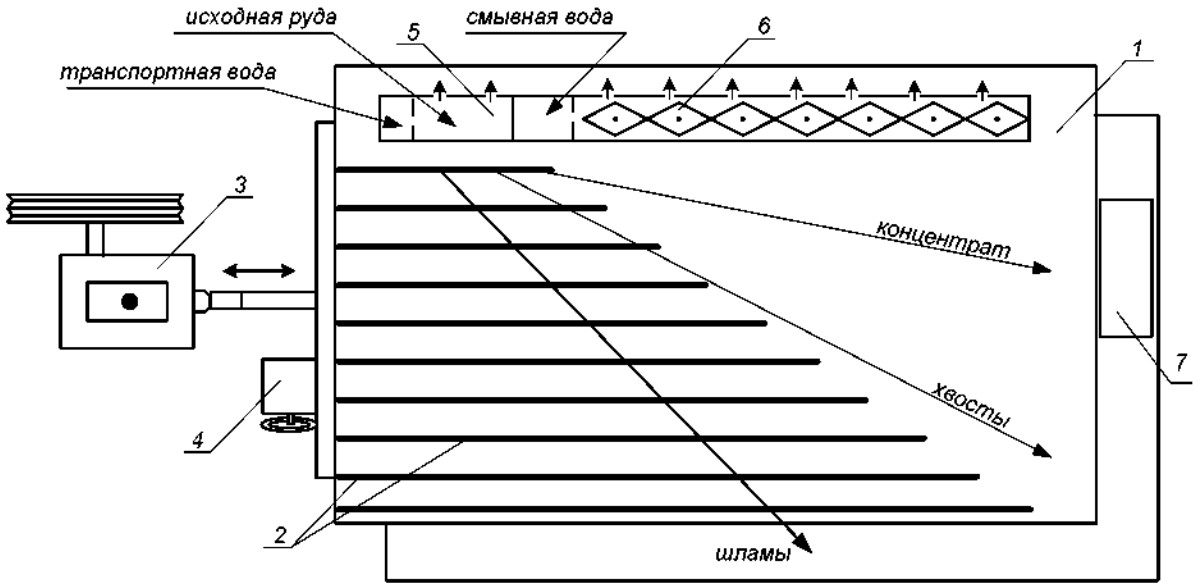



Рисунок 5.1 – Схема концентрационного стола

Разделение минералов по плотности на деке стола происходит за счёт различия в направлении движения лёгких и тяжёлых частиц по деке стола при одновременном действии на частицы минералов сил инерции, силы тяжести и гидродинамического напора смывной воды.

Вследствие сегрегации частиц в пространстве между рифлями тяжёлые частицы имеют больший контакт с декой и за счёт возвратно-поступательных движений деки продвигаются преимущественно вдоль неё. Лёгкие частицы, занимая верхний слой, испытывают большее воздействие потока смывной воды и движутся преимущественно поперек деки стола. На деке стола образуется «веер» частиц, располагающихся сверху-вниз по схеме: мелкие тяжёлые частицы → крупные тяжёлые, мелкие лёгкие → крупные лёгкие → шламы.

Частицы различных по плотности минералов, как правило, отличаются по цвету или блеску, что существенно упрощает наблюдение за образованием и распределением веера продуктов на деке стола.

Изменяя скорость смывного потока воды, можно «расширить» или «сузить» веер на гладкой поверхности деки (за рифлями).

Скорость смывного потока воды регулируют двумя факторами: расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки стола.

Качество концентрата зависит от того, какую часть веера (верхнюю) направить в приёмник концентрата. Регулирование количества отсекаемого концентрата из веера частиц осуществляют передвижным жёлобом или перемещением приёмника концентрата вдоль среза деки.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры сотрясательного концентрационного стола;
3. Включить привод стола. Открыть краны на трубопроводе, подающем воду в питающий жёлоб и в жёлоб смывной воды. Отрегулировать равномерность потока смывной воды по деке стола поворотом резиновых флажков в жёлобе.
4. Настроить процесс разделения. Для этого в приёмный жёлоб загрузить несколько совков исходной руды, которая смывается водой на деку стола. Наблюдая за образованием веера частиц на деке стола, продолжать периодически загружать руду в приемный жёлоб. Отрегулировать ширину и чёткость веера частиц изменением расхода смывной воды и изменением угла наклона деки с помощью штурвала механизма 4 (рисунок 5.1). При получении чёткого веера частиц на деке стола регулирование стола прекратить.
5. Пробу постепенно совком загрузить в приёмный жёлоб. При этом необходимо наблюдать за веером частиц и при необходимости отрегулировать его. Кроме того, нужно следить за шириной части веера частиц, отсекаемой в приёмник концентрата с тем, чтобы забирать в приёмник концентрата постоянную ширину полосы концентрата. При необходимости приёмник можно передвигать.
6. После окончания загрузки руды выждать, пока вся руда не пройдёт по деке и не разгрузится в соответствующие приёмники.
7. Из полученного концентрата слить воду и взвесить его. Определить массу концентрата с учётом его влажности.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 5***

Массы продуктов разделения и рассчитанные технологические показатели обогащения на концентрационном столе занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты обогащения на концентрационном столе

| **Продукты обогащения** | **Выход** | | **Массовая доля извлекаемого компонента, %** | **Извлечение компонента, %** |
|---|---|---|---|---|
| | **кг** | **%** | | |
| Концентрат | | | | |
| Хвосты (порода) | | | | |
| Исходная руда | | 100,0 | | 100,0 |

Все расчёты осуществляют по известным формулам.

По результатам опыта делают выводы, в которых следует отразить личные наблюдения за процессом разделения минералов на деке стола и за возможностью регулирования процесса разделения.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6
## ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с заданными плотностями тяжёлых сред. В качестве тяжёлых сред в лабораторных условиях применяют чаще всего водные растворы хлористого цинка ($ZnCl_2$).

***1. Цель:***

- изучить методику определения фракционного состава угля;
- изучить методику построения кривых обогатимости угля;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба (каменный уголь) массой 5-10 кг;
- набор бачков с раствором хлористого цинка различной плотности;
- дешламационный бачок с сетчатым дном;
- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- совки;
- ареометр для проверки плотности растворов хлористого цинка;

- кружка для проверки плотности раствора хлористого цинка;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады;
- весы технические.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Взвесить пробу.
3. Пробу засыпать в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергнуть дешламации орошением сильной струей воды или многократным опусканием и встряхиванием дешламатора с навеской угля в бачок с водой.
4. Дать воде стечь из дешламатора, после чего опустить дешламатор с исследуемой навеской в бачок с раствором хлористого цинка с наименьшей плотностью.
5. Всплывшую часть исследуемой навески снять сетчатым черпаком, давая стечь в бачок раствору хлористого цинка, и ссыпать в бачок с сетчатым дном, прополоскать чистой водой, высушить до воздушно-сухого состояния, взвесить и записать массу каждой фракции в рабочую тетрадь. После этого определить процентный выход её от исходной пробы. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.
6. Потонувшую часть навески, оставшуюся на дне первого дешламатора, вместе с дешламатором вынуть из первого бачка, дать стечь раствору (в тот же бачок) и перенести в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частью поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части будет лежать в пределах плотности смежных растворов.
7. Повторить пункты 5 и 6 необходимое количество раз.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 6***

На основании результатов фракционного анализа и результатов анализа каждой фракции на определение массовой доли золы (негорючей массы) строятся кривые обогатимости угля.

Кривые обогатимости угля позволяют решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения,

а также рассчитать теоретические (наилучшие) результаты процесса обогащения.

В данной работе фракционный состав угля определяют студенты, а зольность каждой фракции задает преподаватель.

Результаты расслойки пробы угля заносят в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Фракционный состав угля

| Плотность фракций, кг/м$^3$ | Исходный уголь | | | Всплывшая фракция | | Потонувшая фракция | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Выход | | Зольность $A^d$, % | Выход $\gamma_i$, % | Зольность $A_i^d$, % | Выход $\gamma_i$, % | Зольность $A_i^d$, % |
| | кг | % | | | | | |
| < 1300 | | | | | | 100,0 | |
| 1300-1400 | | | | | | | |
| 1400-1500 | | | | | | | |
| 1500-1600 | | | | | | | |
| 1600-1700 | | | | | | | |
| > 1700 | | | | 100,0 | | | |
| Итого: | | 100,0 | | - | - | - | - |

Извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{A^d},$$

где $\gamma_i$ – выход фракции, %;

$A^d$ – массовая доля золы (зольность) в исходном угле, %;

$A_i^d$ – массовая доля золы (зольность) во фракции, %;

$\varepsilon_i$ – извлечение золы во фракцию, %.

По данным фракционного состава угля строят кривые обогатимости угля, а также определяют категорию обогатимости угля.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7
## КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ

Флотационный метод обогащения основан на различии в смачиваемости водой поверхности ценных минералов и минералов пустой породы.

Для создания гидрофобности (несмачиваемости) поверхности ценных минералов тонкоизмельченной руды, находящейся в водной среде, добавляют реагенты-собиратели. Благодаря гидрофобности, ценные минералы прикрепляются к пузырькам воздуха и поднимаются вместе с ними на поверхность пульпы, образуя минерализованный

пенный слой, который удаляют из камеры флотомашины. Минералы пустой породы смачиваются водой и остаются в объёме пульпы.

Флотационный метод широко применяют для обогащения сульфидных руд цветных металлов. В этом случае наиболее распространенными реагентами-собирателями являются ксантогенаты. Расход ксантогенатов при флотации сульфидных руд обычно не превышает 100 г/т. В процесс эти реагенты подают в виде водных растворов.

Для создания на поверхностях сульфидных минералов необходимой для закрепления ксантогенатов окисленной пленки в операцию измельчения руды подают реагент-регулятор среды, в качестве которого обычно используют известь или соду. Расходы их, в зависимости от вещественного состава полезного ископаемого, могут изменяться от 200 до 1500 г/т.

Для повышения механической прочности пузырьков воздуха, в результате которого улучшаются условия прилипания к ним ценных минералов, и увеличивается устойчивость флотационной пены, используют реагенты-пенообразователи. Одним из наиболее распространенных в настоящее время пенообразователей является реагент Т-92. Его расходы обычно колеблются от 20 до 100 г/т руды.

Кроме вышеперечисленных типов флотационных реагентов при селективной флотации руд используют реагенты-активаторы и подавители, которые усиливают или ослабляют действие собирателей.

***1. Цель:***

- изучить конструкцию и работу лабораторной флотационной машины;
- изучить способы изменения режима работы флотомашины;
- освоить методику определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба (250 г сульфидной руды класса крупности –3+0 мм);
- мельница стрежневая;
- рольганги;
- машина флотационная лабораторная механического типа конструкции Механобр;
- реагенты флотационные (сода или известь, бутиловый ксантогенат, Т-92);
- чашки фарфоровые;
- чашки металлические для сбора продуктов;

- промывалки;
- посуда химическая;
- бумага фильтровальная;
- весы электронные.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры лабораторной флотационной машины (рисунок 7.1).
3. Изучить схему флотационного опыта (рисунок 7.2).
4. Очистить стержневую мельницу, в которой будет проводиться измельчение руды, от образовавшейся ржавчины. Для этого поместить в неё 300 г гранита и 300 $см^3$ воды. Масса стержней должна составлять 3000 г. Заполненную мельницу плотно закрыть крышкой с резиновой прокладкой и поместить на рольганги, включив их на 5-10 минут.
5. Подготовить пробу, 250 $см^3$ воды и навеску реагента: соды или извести (вид реагента и его расход задаёт преподаватель).
6. Остановить рольганги, вылить содержимое мельницы, промыть водой её внутреннюю поверхность и стержни.
7. В промытую мельницу с загруженными в неё стержнями сначала поместить отмеренное количество воды, затем пробу сульфидной руды и навеску реагента – регулятора среды. Измельчать в течение времени, указанного преподавателем, обычно 10-15 минут.
8. За период измельчения необходимо подготовить реагенты: собиратель и пенообразователь. Их расходы задаёт преподаватель в г/т руды. Необходимо самостоятельно определить объёмы растворов реагентов, подаваемых в процесс флотации.
9. По истечении заданной продолжительности измельчения снять мельницу с рольгангов, перенести её содержимое с помощью промывалки в камеру флотомашины. При этом нужно следить за тем, чтобы количество добавляемой воды было минимальным. В свободную от пульпы мельницу загрузить стержни, залить воду до бортика и поставить на место хранения.
10. Закрепить камеру 2 на корпусе флотомашины 1, залить в случае необходимости воду и включить двигатель. Через 2 минуты перемешивания в камеру 2 добавить необходимый объём раствора ксантогената и после минутного перемешивания в пульпу ввести пенообразователь.

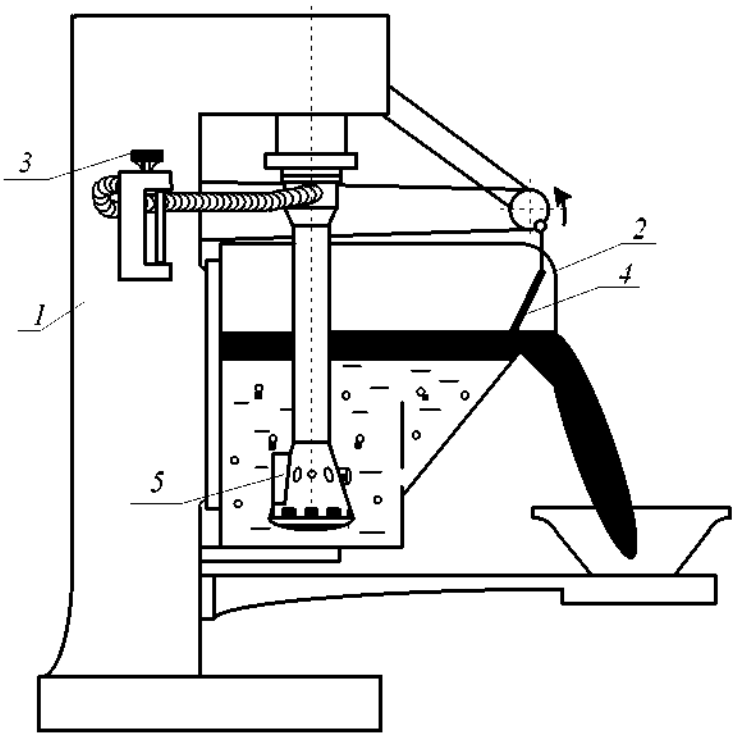



Рисунок 7.1 – Лабораторная флотационная машина

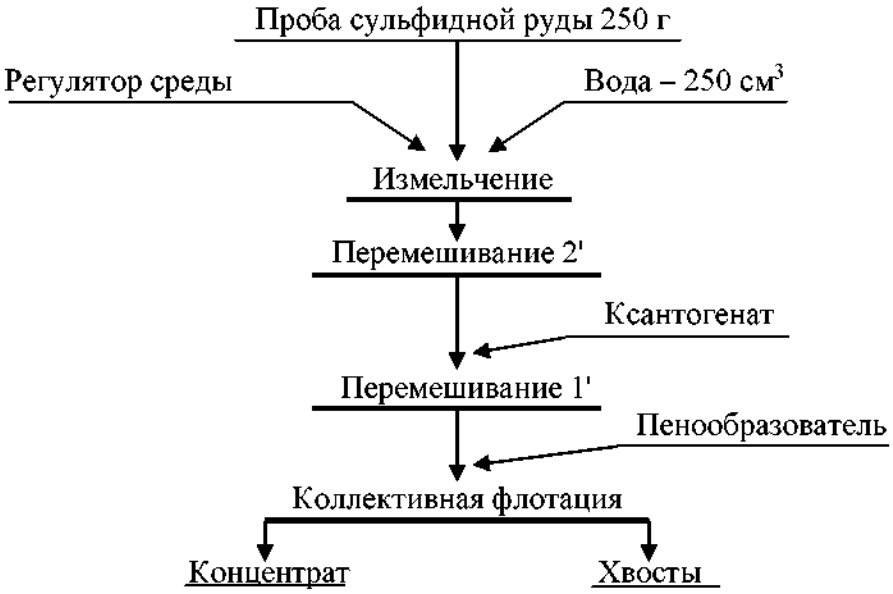



Рисунок 7.2 – Схема флотационного опыта

11. Осторожно повернуть вентиль воздушного крана 3, обеспечив этим засасывание воздуха в камеру для создания на её поверхности слоя минерализованной пены.
12. Включить пеносъёмник 4. В момент снятия первой порции пены зафиксировать время начала флотации. По мере снижения уровня пульпы в камере флотомашины добавлять воду из про-

мывалки, обмывая при этом её стенки и пеносъёмник от налипших минеральных частиц. Периодически следует отбирать пробу от пенного продукта в фарфоровую чашку. Постепенно нагруженность пены снижается, меняется и её цвет. Конец флотации фиксируется по отсутствию сульфидных минеральных частиц в фарфоровой чашке.

13. Закрыть воздушный кран 3, остановить пеносъёмник 4, выключить двигатель флотомашины. Пенный продукт отфильтровать на вакуум-фильтре и взвесить. Камерный продукт (хвосты) вылить в канаву.
14. Пустую камеру заполнить водой, закрепить на корпусе флотомашины и включить двигатель. Промыть машину в течение 2-3 минут. Затем ополоснуть из промывалки блок аэратора 5. Чистую камеру и блок аэратора протереть чистой тряпкой.
15. Убрать рабочее место в лаборатории.
16. Обработать результаты работы.
17. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 7***

Методика определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента.

Например, заданный расход бутилового ксантогената составляет 100 г/т руды. Составим и решим пропорцию:

$10^6$ г (1 т) руды – 100 г ксантогената

250 г руды – X г ксантогената

$$X = \frac{100\,\text{г} \cdot 250\,\text{г}}{10^6\,\text{г}} = \frac{2{,}5\,\text{г}}{10^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{г}$$

Следует учесть, что ксантогенат используют во флотации в виде 1 % растворов, то есть в 100 $см^3$ раствора содержится 1 г ксантогената.

Составив пропорцию и решив её, определим объём раствора, который следует подать в камеру флотомашины:

100 $см^3$ раствора – 1 г ксантогената

$V$ $см^3$ раствора – $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ г ксантогената

$$V = \frac{100\,\text{см}^3 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{г}}{1\,\text{г}} = 2{,}5\,\text{см}^3$$

Результаты расчёта показателей флотации занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Показатели коллективной флотации

| Наименование продуктов обогащения | Выход | | Массовая доля сульфидных минералов, % | Извлечение сульфидных минералов, % |
|---|---|---|---|---|
| | г | % | | |
| Концентрат | | | | |
| Хвосты | | | | |
| Исходная руда | | 100,0 | | 100,0 |

Массовую долю сульфидов в продуктах обогащения (β, ϑ) или в исходной руде (α) и в одном из продуктов задаёт преподаватель.

В конце отчёта по выполненной работе делается вывод, в котором анализируются полученным результатам и намечаются способы их повышения.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8
## МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практическую работу по магнитной сепарации выполняют на лабораторном магнитном сепараторе для слабомагнитных руд. Результаты разделения минералов по их магнитной восприимчивости зависят от вещественного состава руды, крупности обогащаемого материала, напряжённости магнитного поля, производительности, высоты рабочей зоны и положения разделительного шибера. При выполнении работы потребуется получить зависимости выходных показателей качества процесса от указанных выше переменных факторов.

***1. Цель:***

- изучить конструкцию и работу роликового магнитного сепаратора;
- изучить влияние некоторых факторов на процесс магнитной сепарации;
- развить навыки анализа полученных данных.

***2. Оборудование и материалы:***

- проба материала (200-500 г руды класса крупности -3+0 мм);
- сепаратор магнитный роликовый;
- весы электронные;
- чашки лабораторные;
- щётка для чистки сепаратора.

Магнитный сепаратор (рисунок 8.1) состоит из основания 1 с закреплённым на нём бункером 2 с регулировочным шибером 3. Бункер 2 установлен над вибролотком 4, выполненным из немагнитного материала и которого осуществляется подача материала в рабочую зону магнитной системы, образованной магнитопроводом 5 и профилированным роликом 6. На магнитопроводе установлены катушки электромагнита 7, подключенные к выпрямителю тока 8, содержащего приборы измерения тока 9 и напряжения 10. На лицевой панели выпрямителя установлены переключатели режима работы, выключатель и регулятор нагрузки по току. Регулирование выходов отдельных фракций осуществляется шибером 11, а очистка ролика 6 щёткой 12.

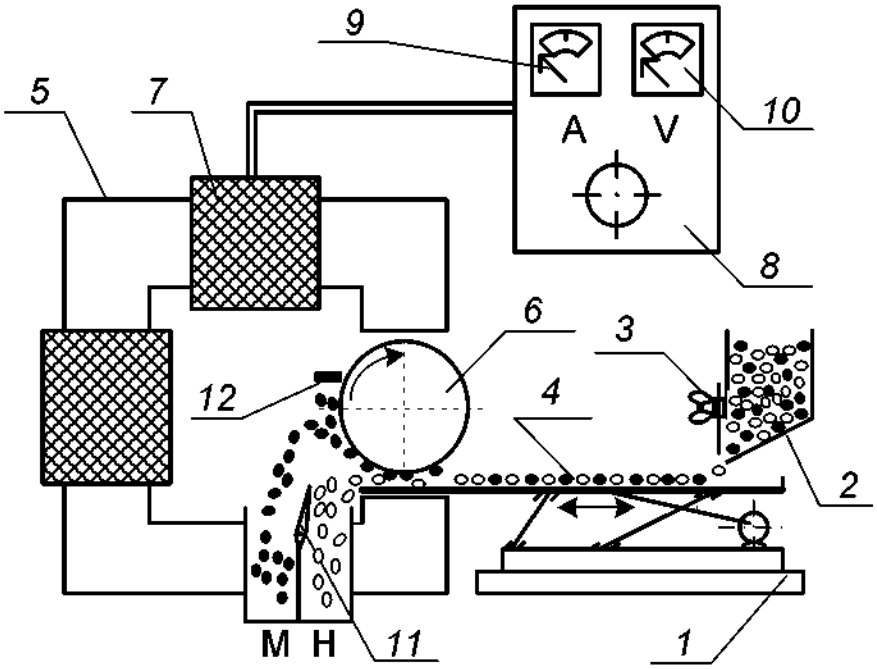



Рисунок 8.1 – Схема магнитного сепаратора

Перед опытом включают выпрямитель 8, устанавливают необходимое значение тока в обмотке электромагнита 7, включают привод вибролотка 4 и ролика 6. Материал из бункера 2 по вибролотку поступает в рабочий зазор, где и происходит разделение частиц по удельной магнитной восприимчивости. Частицы, имеющие большую удельную магнитную восприимчивость, выносятся роликом 6 из рабочего зазора, счищаются щёткой 12 и попадают в приёмник магнитной фракции. Регулирование производительности осуществляют смещением шибера 3. Положение шибера 3 изменяют в пределах от 10 до 30 мм, ток в обмотке электромагнита изменяют от 0 до 8 А.

***3. Ход работы:***

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию и определить конструктивные и механические параметры роликового магнитного сепаратора.
4. Подключить сепаратор и выпрямитель к сети переменного тока.
5. Установить заданные значения настроек сепаратора (положение шибера, сила тока).
6. Загрузить исходный материал в бункер и зафиксировать время начала и конца опыта.
7. Полученные продукты взвесить, выполнить визуальную оценку, провести их анализ.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

***Пояснения по обработке результатов в работе 8***

Полученные результаты разделения магнитной сепарацией занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты магнитной сепарации

| № опыта | Наименование продукта | Выход | | Сила тока, А | Положение шибера, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| | | г | % | | |
| 1 | Магнитный | | | 0,5 | 20 |
| | Немагнитный | | | | |
| | Исходный продукт | | 100,0 | | |
| 2 | Магнитный | | | 1,0 | 20 |
| | Немагнитный | | | | |
| | Исходный продукт | | 100,0 | | |
| 3 | Магнитный | | | 2,0 | 20 |
| | Немагнитный | | | | |
| | Исходный продукт | | 100,0 | | |
| 4 | Магнитный | | | 1,0 | 10 |
| | Немагнитный | | | | |
| | Исходный продукт | | 100,0 | | |
| 5 | Магнитный | | | 1,0 | 30 |
| | Немагнитный | | | | |
| | Исходный продукт | | 100,0 | | |

Используя данные таблицы 8.1 построить экспериментальные зависимости количественных показателей процесса магнитной сепарации от переменных факторов:

$$\gamma_м = f(I) \text{ для } h = 20 \text{ мм}$$

$$\gamma_м = f(h) \text{ для } I = 1 \text{ А}.$$

где $I$ – сила тока в катушках, А;

$h$ – положение шибера, мм.

Сделать вывод о влиянии силы тока и положения шибера на получаемые технологические показатели.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Комлев, С.Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 5-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 153 с.

2. *Колтунов, А.В.* Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие / А.В. Колтунов, С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 2-е изд., стереотип. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.

3. *Морозов Ю.П.* Флотационные методы обогащения: конспект лекций / Ю.П. Морозов // Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 155 с.

4. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Пример оформления титульного листа

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**ФГБОУ ВО**
**«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

# ОТЧЁТ
## ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

по дисциплине:
**«Обогащение полезных ископаемых»**

**Руководитель**
**проф., д.т.н.** _____ **Е. Ф. Цыпин**

**Студент**
**группы ОПИ-00** _____ **А. В. Иванов**

Екатеринбург, 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Правила и примеры оформления надписей к таблицам и рисункам

**Таблицы** следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по центру». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

Таблица 1 – Результаты флотационного обогащения

| **Наименование продуктов обогащения** | **Выход** | | **Массовая доля полезного компонента, %** | **Извлечение полезного компонента, %** |
|---|---|---|---|---|
| | **г** | **%** | | |
| Концентрат | | | | |
| Промпродукт | | | | |
| Хвосты | | | | |
| Исходная руда | | 100,0 | | 100,0 |

**Рисунок** вставляется после первого упоминания о нём в тексте. В тексте слово «рисунок» пишется полностью с указанием порядкового номера.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

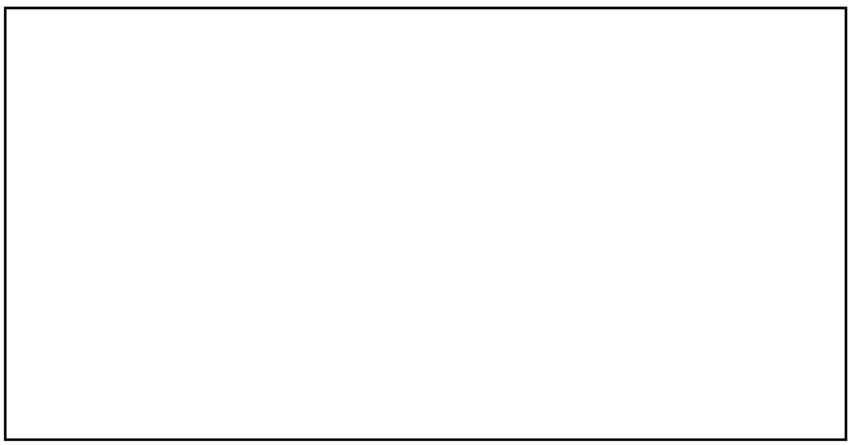


Рисунок 1 – Схема устройства оборудования:
1 – …; 2 – …

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.35.04 ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
| Обогащения полезных ископаемых | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Козин В. З. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 2 от 29.09.2020 | Протокол № 2 от 14.10.2020 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург
2021

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ..... 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса ..... 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам ..... 5
Подготовка и написание контрольной работы ..... 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) ..... 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ..... 8
Подготовка к зачёту ..... 8
Подготовка к экзамену ..... 8

# ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

**Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам**

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

**Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

**Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.21 МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

Автор: Вахонина Ю.Х., старший преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Маркшейдерского дела
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*

Жабко А.В.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 22.09.2023
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией

Горнотехнологического факультета
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Колчиина Н.В.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 20.10.2023
*(Дата)*

Екатеринбург

# ВВЕДЕНИЕ

## Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

**Работа с книгой**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации**

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

## ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Маркшейдерское дело» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-10]. Работа с материалом должна носить системный характер.

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если студенты предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

## ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

**Тема 1: Содержание и задачи дисциплины**

1. Основные задачи маркшейдерского дела.
2. Основная цель маркшейдерских работ.
3. Какие особенности ведения маркшейдерских работ?
4. Какие разделы геодезии необходимо знать для изучения дисциплины?
5. Основные исторические этапы развития маркшейдерии.
6. Какова структура маркшейдерских отделов?

**Тема 2: Опорные маркшейдерские сети на карьерах**

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?
3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?
6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

**Тема 3: Создание съемочных маркшейдерских сетей на карьерах**

1. Каковы цель и задачи съемочных маркшейдерских сетей?

2. Кем создаются съемочные сети на карьерах?
3. Назовите основные требования к созданию и реконструкции съемочных сетей?
4. Как подразделяются съемочные маркшейдерские сети?
5. От чего зависит выбор способа создания съемочных сетей?
6. Как закрепляются пункты съемочных сетей?
7. Назовите классические способы создания съемочных сетей.

**Тема 4: Маркшейдерская съемка карьеров и отвалов**

1. Назовите цель и задачи маркшейдерской съемки на карьерах и отвалах.
2. Какие способы съемки на карьерах и отвалах?
3. Какова периодичность съемки на карьерах и отвалах?
4. В каких масштабах выполняется маркшейдерская съемка на карьерах?
5. Каковы особенности и перспективы аэрофотограмметрической съемки карьеров?
6. Каковы особенности и перспективы наземной фотограмметрической съемки карьеров?
7. Каковы особенности и перспективы маркшейдерской съемки с использованием лазерного сканирования?

**Тема 5: Маркшейдерские работы при обеспечении буровзрывных работ**

1. Каковы цель и задачи маркшейдерских работ при обеспечении буровзрывных работ?
2. Назовите маркшейдерские работы до производства буровзрывных работ.
3. Какие маркшейдерские работы при производстве бурения взрывных скважин?
4. Назовите маркшейдерские работы после производства взрывных работ в карьере.
5. Какие основные задачи маркшейдера при составлении плана – проекта на буровзрывные работы?
6. Какие способы выноса в натуру взрывных скважин в карьере?
7. Какие способы маркшейдерского контроля глубины и сетки взрывных скважин?

**Тема 6: Маркшейдерские работы при проходке траншей**

1. Главная цель и задачи маркшейдера при проходке траншей.
2. Какие горно-графические материалы составляются для проходки траншей?
3. Методика расчета элементов параметра траншеи.
4. Способы привязки и выноса в натуру параметров траншеи.
5. Способы задания направления оси и параметров траншеи.
6. Методика расчета уклона трассы траншеи.
7. Маркшейдерский контроль проходки оси и параметров траншеи.

**Тема 7: Маркшейдерские работы при дражном и гидравлическом способах разработки**

1. Какими методами создаются опорные и съемочные сети на полигонах?
2. Как контролируется процесс строительства драги?
3. Как контролируется процесс добычи песков?
4. Какие способы измерения глубины черпанья драги?

5. Какие способы маркшейдерской съемки на полигонах?
6. Маркшейдерский контроль объемов добычи дражных полигонов.
7. Маркшейдерский контроль объемов добычи гидравлических полигонов.

**Тема 8: Применение спутниковой геодезии на карьерах**

1. Назовите основной принцип спутниковой геодезии.
2. Какие основные спутниковые системы применяются в маркшейдерии?
3. Какие в области спутниковых технологий маркшейдерских работ существуют схемы?
4. Дайте краткую характеристику навигационных спутников.
5. Что такое сегмент наземного контроля к управлению спутниковой системы?
6. Что такое технология дифференциальной GPS для определения точных координат пунктов?
7. Назовите схемы создания опорных, съемочных сетей и маркшейдерской съемки с использованием спутниковой геодезии.

**Тема 9: Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях**

1. Основные задачи маркшейдерской службы при рекультивационных работах.
2. Методы планового съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
3. Методы высотного съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
4. Методы прогнозирования нарушенности земной поверхности и планирования работ.
5. Маркшейдерские работы при засыпке отработанных карьеров.
6. Маркшейдерские работы по реализации агрохимического плана.
7. Маркшейдерские работы при рекультивации породных отвалов.

**Тема 10: Маркшейдерские подземные опорные сети**

1. Цель и задачи маркшейдерских подземных опорных сетей.
2. Способы создания опорных подземных сетей.
3. Основные требования при создании и реконструкции подземных опорных сетей.
4. Закрепление пунктов подземных опорных сетей.
5. Методика и требования при измерении углов и длин подземных опорных сетей.
6. Методика и способы определения высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.
7. Оценка точности определения плановых координат и высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.

**Тема 11: Маркшейдерская съемка в подземных горных выработках**

1. Цель и задачи маркшейдерской съемки подземных горных выработок.
2. Способы создания и реконструкции маркшейдерских съемочных сетей.
3. Закрепление пунктов подземных съемочных сетей.
4. Методика и требования при измерении углов и длин съемочных сетей.

5. Цель и задачи маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
6. Схемы и методика производства маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
7. Камеральная обработка и оценка точности съемочных сетей и съемки контуров подземных горных выработок.

**Тема 12: Геометрический способ ориентирования подземных горных выработок**

1. Цель и задачи геометрического способа ориентирования.
2. Практическое значение геометрического способа ориентирования.
3. Какие способы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схемы ориентирования через наклонный ствол или штольню.
5. Схема ориентирования через один вертикальный ствол.
6. Схема ориентирования через два вертикальных ствола.
7. Оценка точности геометрических способов ориентирования.

**Тема 13: Гироскопический способ ориентирования подземных горных выработок**

1. Цель и задачи гироскопического способа ориентирования.
2. Практическое значение гироскопического способа ориентирования.
3. Какие схемы гироскопического ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схема гироскопического ориентирования через один вертикальный ствол.
5. Методика и схема гироскопического ориентирования через два вертикальных ствола.
6. Основные понятия теории гироскопического ориентирования.
7. Схема и методика определения поправки гирокомпаса.

**Тема 14: Вертикальная соединительная съемка подземных горных выработок**

1. Цель и задачи вертикальной соединительной съемки.
2. Практическое значение вертикальной соединительной съемки.
3. Какие методы и схемы передачи высотной отметки в шахту?
4. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту глубиномером ДА-2.
5. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой или рулеткой.
6. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту светодальномером или лазерной рулеткой.
7. Оценка точности вертикальной соединительной съемки.

# ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Маркшейдерское дело*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Маркшейдерское дело*»

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

## Рекомендуемая литература

1. Голубко Б.П. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. –212 с.

2.Голубко Б.П. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2018. – 71с.

3. Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учебное пособие/ Б.П. Голубко, В.А. Гордеев, В.Н. Яковлев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 212 с.

4. Маркшейдерское дело. Учебник для Вузов. Под ред. Д.Н.Оглоблина, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимова и др. М.: Недра, 1981.

5. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Учебное пособие. Б.П. Голубко, Г.В. Земских, О.С. Раева // Екатеринбург, УГГУ, 2017 – 98 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.24 БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Батанин Ф.К., старший преподаватель, Кочнева Л.В., старший преподаватель

# ВВЕДЕНИЕ

## Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, содержание дисциплины с указанием объема лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- ответить на вопросы тестов.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения экзамена. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка выполнения тестовых заданий. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в программе. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (тестов), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

**Работа с книгой**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений, способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки и основные понятия, новые незнакомые термины, названия, определения и т.п. Весьма целесооб-

разно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением необходимых упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации**

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы тестов по темам программы .

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

## ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине. Работа с материалом должна носить системный характер.

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Студенты должны предварительно поработать над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело»

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

## УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

2. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя. [Электронный ресурс]: федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

3. Об утверждении Положения о профессиональных аварийно-спасательных службах, профессиональных аварийно-спасательных формированиях, выполняющих горноспасательные работы, и Правил расчета стоимости обслуживания объектов ведения горных работ профессиональными аварийно-спасательными службами, профессиональными аварийно-спасательными формированиями, выполняющими горноспасательные работы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 27.04.2018 № 517. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

4. Об утверждении Положения о ВГСЧ [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 28.01.2012 № 45 (с изм. и доп.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

5. Положение о проведении аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 22.12.2011г. № 1091. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

6. Положение о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 15.09.2020г. № 1437. Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

7. «Методические рекомендации о порядке составления планов ликвидации аварий при ведении работ в подземных условиях» [Электронный ресурс]:. РД 15-11-2007: приказ Ростехнадзора от 24.05.2007 № 364. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

8. Об утверждении табеля технического оснащения ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 13.12.2012. № 766. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

9. Руководство по организации технического обслуживания горноспасательного оснащения ФГУП «ВГСЧ» [Электронный ресурс]:: приказ ФГУП «ВГСЧ» МЧС России от 27.05.2014г. № 375. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

10. Нормативы организации ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 29.11.2012г. № 707. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

11. Положение о прохождении службы в ВГСЧ [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 18.03.2013г. № 180. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

12. Устав внутренней службы военизированных горноспасательных частей [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 31.10.2018г. № 484. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

13. Порядок создания ВГК [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 22.11.2013г. № 765 (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

14. Положение об условиях оплаты труда, предоставления гарантий и компенсаций работникам ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 03.11.2015г № 581. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

15. Устав ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ [Электронный ресурс]:. приказ МЧС России от 09.06.2017 № 251. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

16. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 8.12.2020 № 505. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 г. № 520. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.26.02 УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛЕКТИВОМ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Ветошкина Т.А., канд. филос. наук, доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по составлению тестовых заданий | 9 |
| 3 | Методические рекомендации к опросу | 11 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 13 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 15 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| 7 | Заключение | 19 |
| | Список использованных источников | 22 |

## ВВЕДЕНИЕ

***Самостоятельная работа студентов*** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 2. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

### *Требования к составлению тестовых заданий*

***Тестовое задание (ТЗ)*** - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

**1.** Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.

**2.** Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.

**3.** Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.

**4.** Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

### *Требования к формам ТЗ*

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.

Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

***Тестовое задание закрытой формы***

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом

количестве часто бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

***Тестовое задание открытой формы***

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

***Тестовые задания на установление правильной последовательности***

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

***Тестовые задания на установление соответствия***

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

## 3. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

---

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

## 4. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что

необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 6.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.26.03 САМООРГАНИЗАЦИЯ И SELF-МЕНЕДЖМЕНТ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по составлению тестовых заданий | 9 |
| 3 | Методические рекомендации к опросу | 11 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 13 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 15 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| 7 | Заключение | 19 |
| | Список использованных источников | 22 |

## ВВЕДЕНИЕ

***Самостоятельная работа студентов*** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 2. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

### *Требования к составлению тестовых заданий*

***Тестовое задание (ТЗ)*** - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

**1.** Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.

**2.** Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.

**3.** Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.

**4.** Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

### *Требования к формам ТЗ*

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.

Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

***Тестовое задание закрытой формы***

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом

количестве часто бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

***Тестовое задание открытой формы***

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

***Тестовые задания на установление правильной последовательности***

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

***Тестовые задания на установление соответствия***

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

## 3. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

---

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

## 4. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что

необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 6.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.26.05 РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Философии и культурологии | Горнотехнологический факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав .кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 18.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| | Заключение | 20 |
| | Список использованных источников | 21 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

***Самостоятельная работа студента*** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям*:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

***Основная часть.***

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

***Заключение.***

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

| *Критерии оценки доклада, сообщения* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Содержательность, информационная насыщенность доклада | 2 |
| Наличие аргументов | 2 |
| Наличие выводов | 2 |
| Наличие презентации доклада | 2 |
| Владение профессиональной лексикой | 2 |
| Итого: | 10 |

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

## 4. Методические рекомендации по написанию эссе

***Эссе*** - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

*Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

***Как подготовить и написать эссе?***

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

***Дискуссия*** (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## 7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

*Экзамен (зачет)* - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

**Министерство образования и науки РФ**
**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный**
**горный университет»**

**Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков**

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебно-методическое пособие*
*для самостоятельной работы студентов*

**Екатеринбург**
**2017**

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебно-методическое пособие*
*для самостоятельной работы студентов*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

В 67

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 19.12.2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

**Волков Е. Б., Казаков Ю. М.**

В67 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов. / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 156 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской и пространственной систем сил», «Кинематика вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела», «Сложное движение точки», «Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Гармонические и вынужденные колебания точки. Применение теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании движения точки», «Применение общих теорем динамики к исследованию движения механической системы», «Принципы механики. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы», «Уравнения Лагранжа II рода».

Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей очной формы обучения.

© Волков Е. Б., Казаков Ю. М., 2017
©Уральский государственный горный университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА ..... 4
1.1. Основные виды связей и их реакции ..... 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары ..... 5
1.3. Условия равновесия систем сил ..... 7
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел ..... 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил ..... 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА ..... 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки ..... 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси ..... 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела ..... 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях ..... 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении ..... 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении ..... 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ ..... 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки ..... 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. ..... 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки ... 73
4.3. Колебания материальной точки ..... 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки ..... 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. ..... 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ..... 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы ..... 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. ..... 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ..... 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики ..... 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики ..... 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода ..... 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа ..... 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 155

# 1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

**Статика** представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

## 1.1. Основные виды связей и их реакции

**Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения**. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. При опоре углом, или на угол (рис. 1.1, *a*), реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

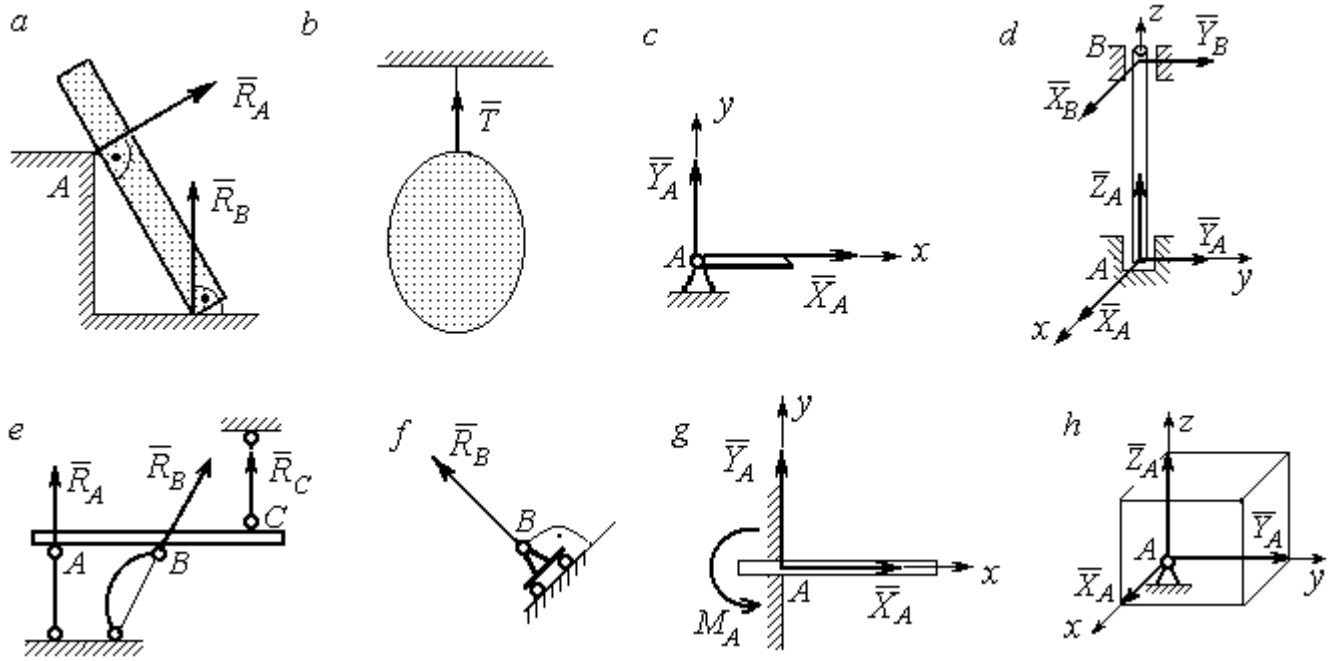



Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
*a* – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки; *h* – реакция пространственного шарнира

**Цилиндрический шарнир (подшипник)** создает соединение, при котором одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакцию цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом $M_A$. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

## 1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы *F* относительно центра *O* $M_O(\vec{F})$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра *O*, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние *h* от центра *O* до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину $h$ называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

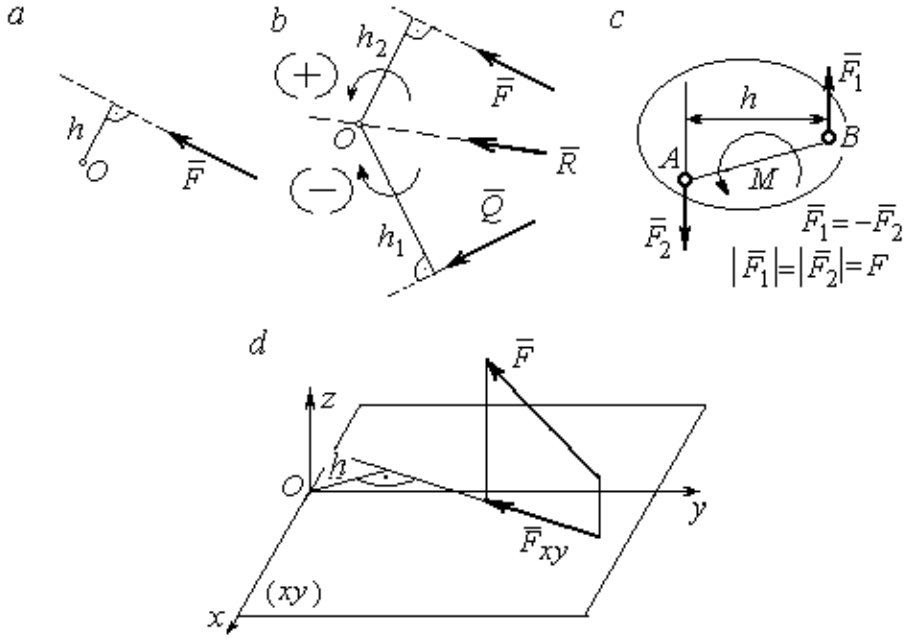



Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
*a*, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
*d* – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра $O$ положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра $O$ равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр $O$ и плечо силы равно нулю.

**Парой сил,** или просто парой (рис.1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. $M$ на рис. 1.2, *c*).

**Моментом силы относительно оси** называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы $F$ относительно оси *z*: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где $F_{xy}$ – проекция силы $\vec{F}$ на плоскость *xy*, перпендикулярную оси *z*, *h* – плечо проекции $F_{xy}$ относительно центра *O* – точки пересечения оси *z* и плоскости *xOy*.

## 1.3. Условия равновесия систем сил

**Плоской системой сил** называется система сил, расположенных в одной плоскости.

**Основная форма условий равновесия плоской системы сил.** Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}$ – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра $A$.

**Пространственной системой сил** называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для **равновесия пространственной системы сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси $x$, $y$, $z$; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

### Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними,** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

## 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

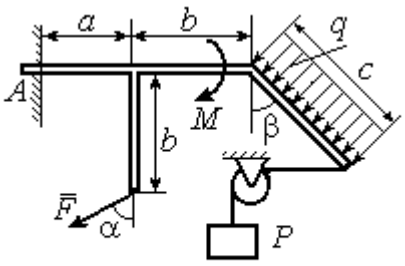
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

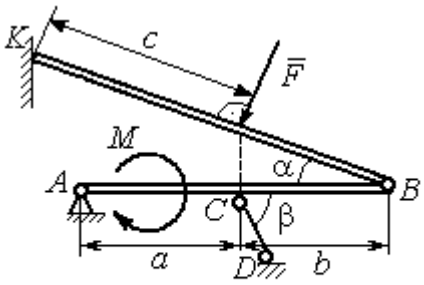
**Варианты № 1, 11, 21**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

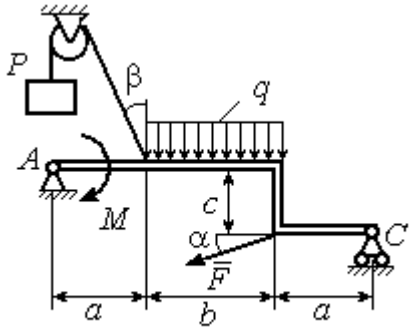
Задача 2




Найти реакции шарниров $A$, $B$, реакцию стержня $CD$ и реакцию опоры в точке $K$

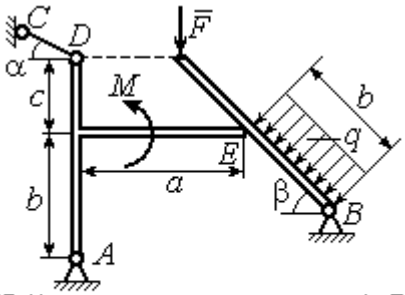
**Варианты № 2, 12, 22**

Задача 1




Найти реакции шарниров $A$ и $C$

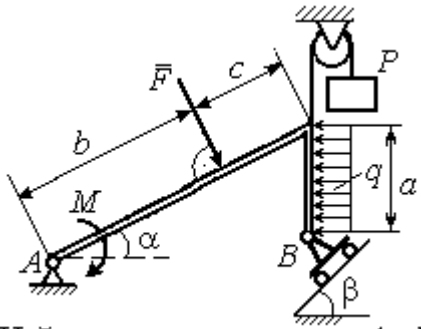
Задача 2




Найти реакции шарниров $A$, $B$, реакцию опоры в точке $E$ и реакцию стержня $CD$

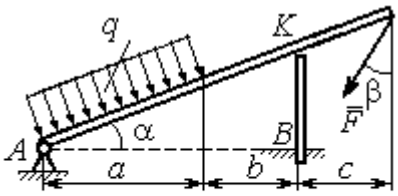
**Варианты № 3, 13, 23**

Задача 1




Найти реакцию шарниров $A$ и $B$

Задача 2

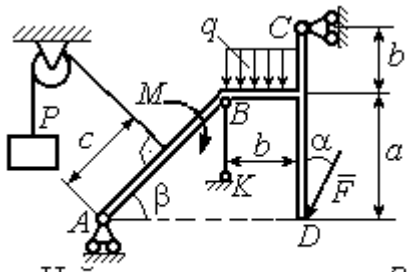



Найти реакцию шарнира $A$, реакцию опоры в точке $K$ и реакцию жесткой заделки в точке $B$

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

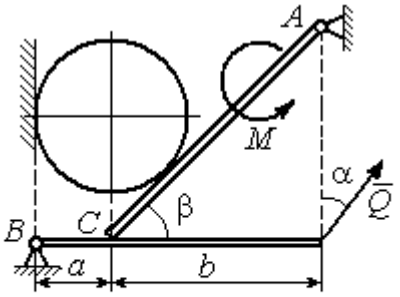
**Варианты № 4, 14, 24**

Задача 1




Найти усилие в стержне $BK$ и реакцию шарниров $A, C$

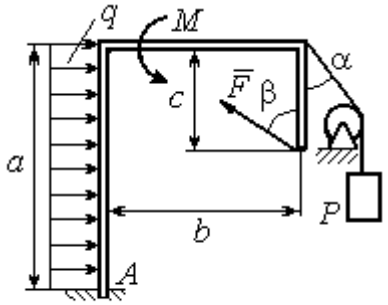
Задача 2




Вес шара $P$. Найти реакцию шарниров $A, B$, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке $C$ и уравновешивающую силу $Q$

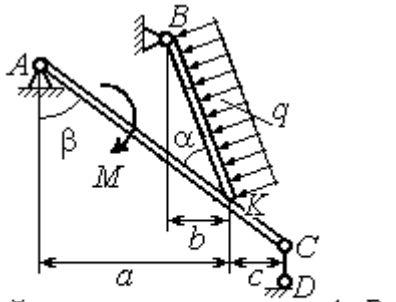
**Варианты № 5, 15, 25**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

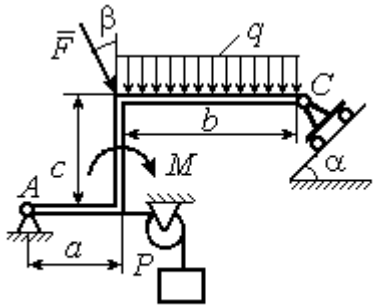
Задача 2




Найти реакцию шарнирв $A, B$, реакцию стержня $CD$ и реакцию опоры в точке $K$

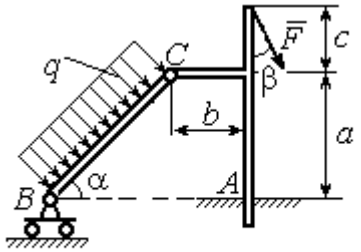
**Варианты № 6, 16, 26**

Задача 1




Найти реакции шарниров $A$ и $C$

Задача 2

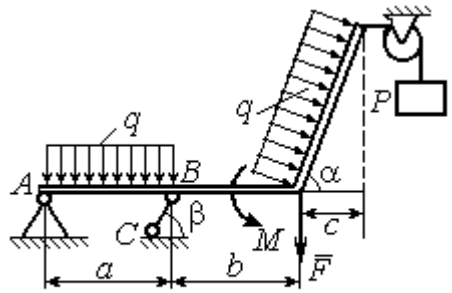



Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$ и реакции шарниров $B$ и $C$

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

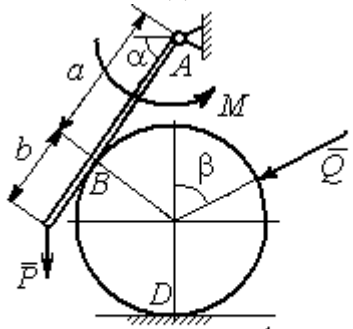
**Варианты № 7, 17, 27**

Задача 1




Найти реакцию стержня $BC$ и реакцию шарнира $A$

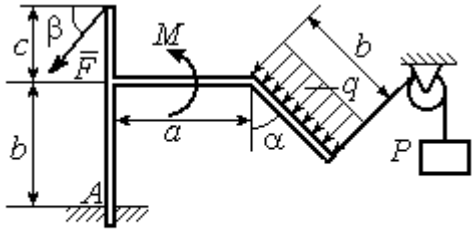
Задача 2




Найти реакцию шарнира $A$, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке $D$ и уравновешивающую силу $Q$

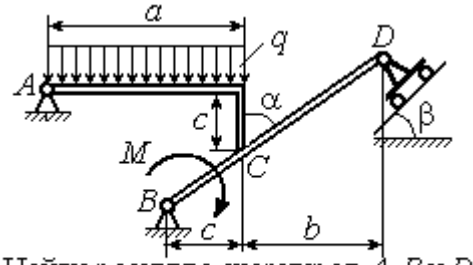
**Варианты № 8, 18, 28**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

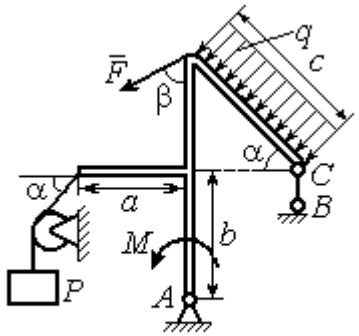
Задача 2




Найти реакцию шарниров $A$, $B$ и $D$ и реакцию опоры в точке $C$

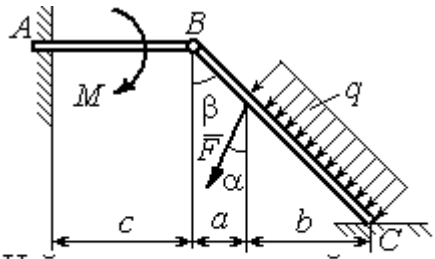
**Варианты № 9, 19, 29**

Задача 1




Найти реакцию стержня $BC$ и реакцию шарнира $A$

Задача 2



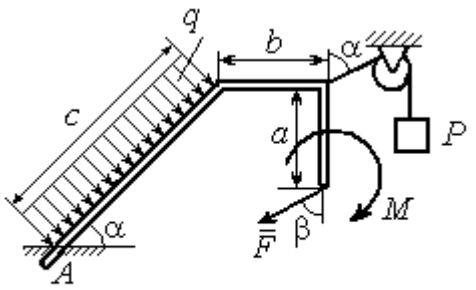

Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$ и реакцию опоры в точке $C$

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

*Окончание вариантов задания С1*

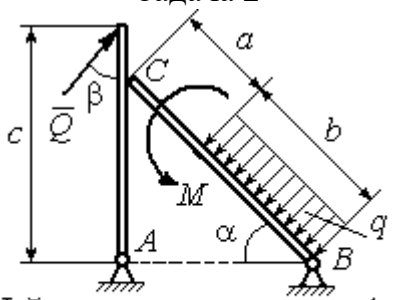
**Варианты № 10, 20, 30**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

Задача 2




Найти реакцию шарниров $A$, $B$, реакцию опоры в точке $C$ и уравновешивающую силу $Q$

Рис. 1.6. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

**Исходные данные задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.**

| Номер варианта задания | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, кН | 6 | 5 | 6 | 12 | 6 | 6 | 10 | 3 | 8 | 5 | 10 | 4 | 8 | 10 | 8 |
| $F$, кН | 12 | 6 | 10 | 5 | 12 | 8 | 6 | 5 | 6 | 2 | 12 | 8 | 12 | 6 | 10 |
| $q$, кН/м | 5 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 5 | 2 | 2 | 4 | 6 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $M$, кН·м | 12 | 8 | 6 | 8 | 12 | 5 | 12 | 8 | 4 | 6 | 8 | 12 | 10 | 6 | 10 |
| $\alpha$, град | 45 | 60 | 30 | 60 | 30 | 30 | 45 | 60 | 30 | 30 | 45 | 30 | 60 | 45 | 60 |
| $\beta$, град | 60 | 30 | 45 | 30 | 60 | 90 | 60 | 60 | 30 | 45 | 30 | 45 | 30 | 60 | 30 |
| $a$, м | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| $b$, м | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| $c$, м | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 |

| Номер варианта задания | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$, кН | 10 | 8 | 10 | 6 | 4 | 6 | 12 | 10 | 5 | 6 | 8 | 6 | 8 | 4 | 6 |
| $F$, кН | 6 | 12 | 12 | 8 | 3 | 14 | 10 | 8 | 15 | 10 | 12 | 8 | 10 | 10 | 2 |
| $q$, кН/м | 5 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 |
| $M$, кН·м | 10 | 6 | 8 | 6 | 5 | 12 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 10 | 6 | 4 | 8 |
| $\alpha$, град | 60 | 60 | 30 | 45 | 60 | 30 | 60 | 45 | 30 | 60 | 45 | 30 | 30 | 30 | 45 |
| $\beta$, град | 45 | 30 | 30 | 60 | 60 | 45 | 30 | 60 | 30 | 45 | 90 | 30 | 60 | 45 | 30 |
| $a$, м | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| $b$, м | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $c$, м | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5 |

**Пример выполнения задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.**

**Задача** 1**.** Рама *ACE* (рис. 1.7) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара с моментом $M = 8$ Нм, сила $F = 10$ Н, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 2$ Н/м, приложенная на отрезке *AB*. В точке *E* под прямым углом к участку балки *CE* прикреплен трос, несущий груз $P = 20$ Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

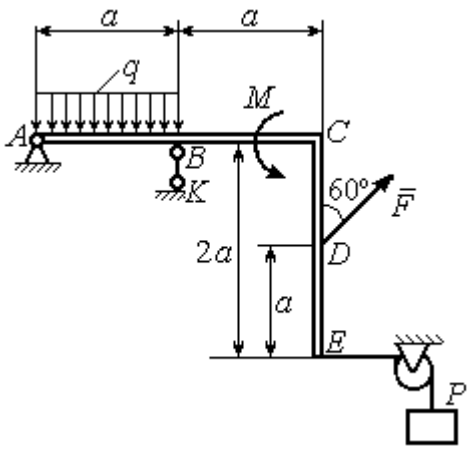



Рис. 1.7. Конструкция рамы

*Решение*

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

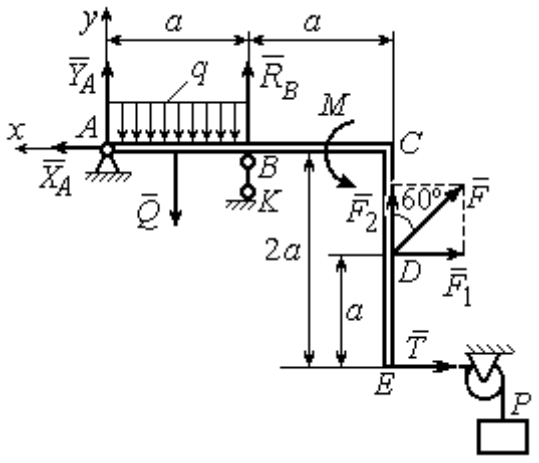



Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *x*, *y*, и моменты сил относительно центра *A*, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра *A* использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных $X_A, Y_A, R_B$:

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем $X_A$ = 28,66 Н, $Y_A$ = 59,66 Н, $R_B$ = – 60,66 Н.

Отрицательное значение величины $R_B$ означает, что фактическое направление реакции $R_B$ стержневой опоры *BK* противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

**Задача 2.** Балка *ABLC* с вертикальной частью *AB* и горизонтальной перекладиной *LC* закреплена в точке *A* с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка *EC* с углом наклона к горизонту 60° в точке *C* шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине *CL*, а в точке *E* закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках *BL* и *DE* нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* перпендикулярно балке *EC* и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил

с моментом $M$ = 5 кН·м. Определить реакцию жесткой заделки $A$ и реакции шарниров $C$ и $E$, если $a$ = 2 м.

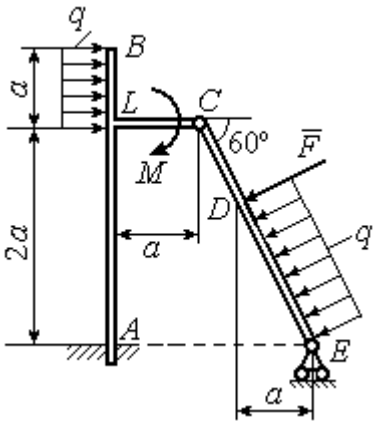



Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

*Решение*

Разделяем систему на две части по шарниру $C$ и рассмотрим равновесие балок $ABLC$ и $EC$ отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку $ABLC$ (рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка $BL$, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a$ = 4 кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом $M$ на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке $A$, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом $M_A$, а также реакция шарнира $C$, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат $xAy$, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

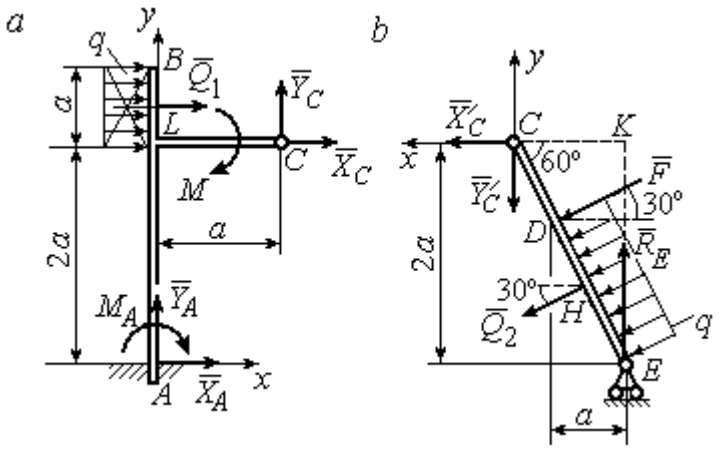



Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
*a* - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
*b* - силы и реакции связей, действующие на балку $CE$

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки *EC*. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED*, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8\,\text{кН}$. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке *E* и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира *C*. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *b*). Действующие на балку *EC* силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат *xCy,* как показано на рис. 1.10, *b,* и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\text{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины $X'_C$ на $X_C$, а $Y'_C$ на $Y_C$ и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59\ \text{кН},\ Y_A = -2{,}76\ \text{кН},\ M_A = 42{,}87\ \text{кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59\ \text{кН},\ Y_C = 2{,}76\ \text{кН},\ R_E = 11{,}76\ \text{кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки *A* и шарнира *C*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91\ \text{кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83\ \text{кН}.$$

## 1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\vec{F}$, пара сил с моментом $M$ и сила $\vec{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом $Q$. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы $Q$ (или момента $M$).

Плита весом $P$ закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\vec{F}$, $\vec{Q}$ и пара сил с моментом $M$. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

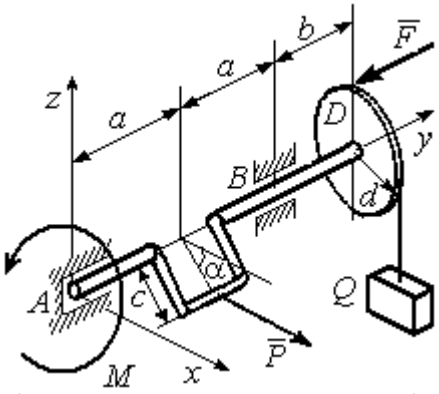
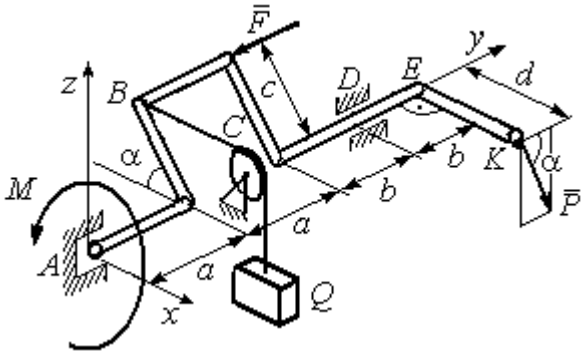
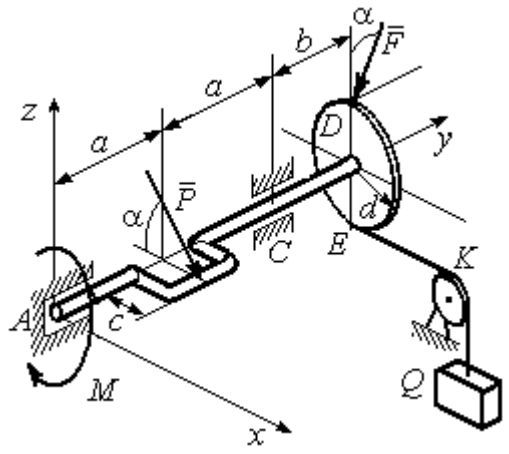
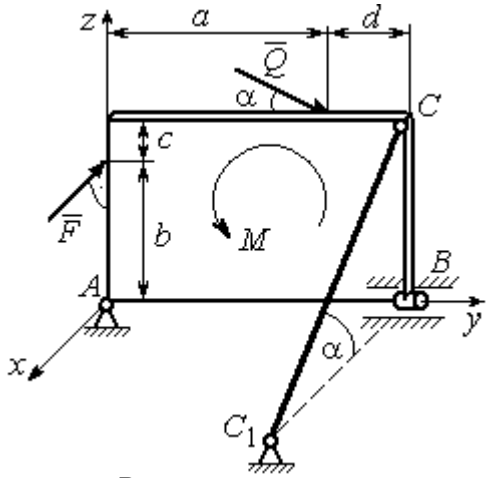
| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  |  |
| Сила $\vec{F}$ параллельна оси $Ay$; сила $\vec{P}$ параллельна оси $Ax$; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках $A$ и $B$ и величину уравновешивающего груза $Q$ | Сила $\vec{F}$ параллельна оси $Ay$; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной $zAy$; отрезок нити $BC$ параллелен оси $Ax$; рукоять вала $EK$ параллельна оси $Ax$. Найти реакции подпятника и подшипника в точках $A$ и $D$ и величину уравновешивающего момента $M$ |

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|---|---|
|  |  |
| Сила $\vec{F}$ , лежит в плоскости *zAy*; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной *zAx*, отрезок нити *EK* параллелен оси *Ax*.<br>Найти реакции подпятника и подшипника в точках *A* и *C*, а также величину уравновешивающего груза *Q* | Плита весом *P* расположена в плоскости *zAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; стержень $CC_1$ расположен в плоскости, параллельной *zAx*; сила $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ |

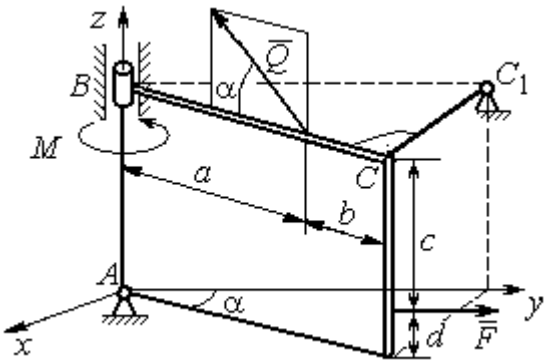
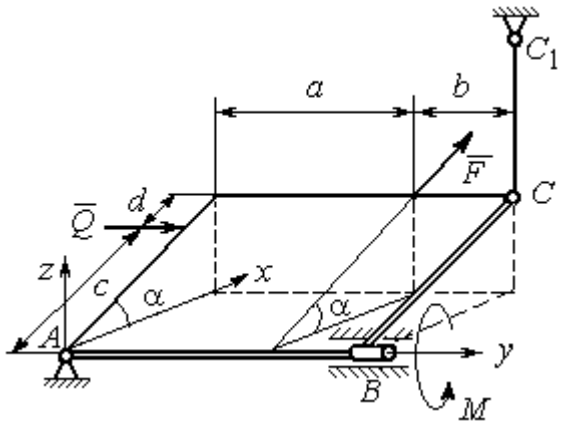
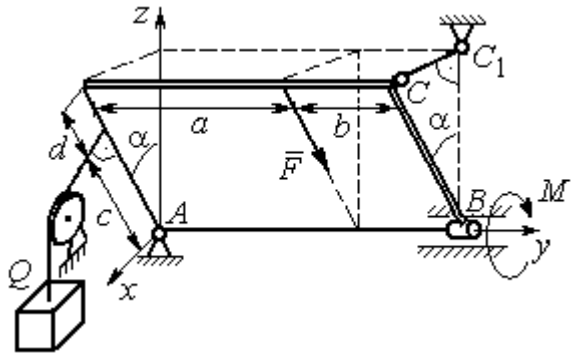
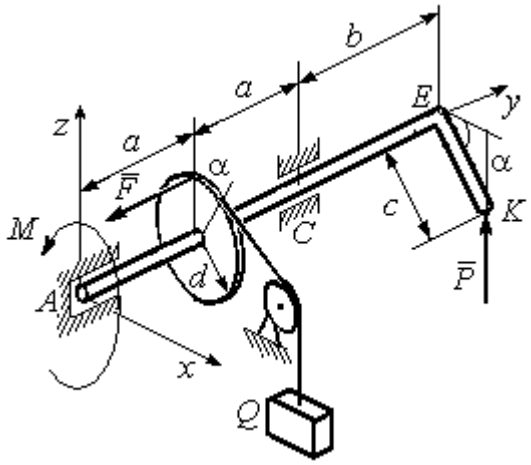
| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси *Ay*; стержень $CC_1$ перпендикулярен плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Плита весом *P* отклонена на угол α от горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси *Ay*; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её боковым стенкам; стержень $CC_1$ параллелен оси *Az*.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ |

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 3 – 6, 13 – 16, 23 – 26

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; нить, удерживающая груз *Q*, находится плоскости *zAx*, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень $CC_1$ перпендикулярен плоскости *zAy*.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Рукоять *EK* перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{P}$ параллельна оси *Az*; сила $\vec{F}$ параллельна оси A*y*; нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива по касательной.<br>Найти реакции подпятника *A*, подшипника *C*, и величину уравновешивающего груза *Q* |

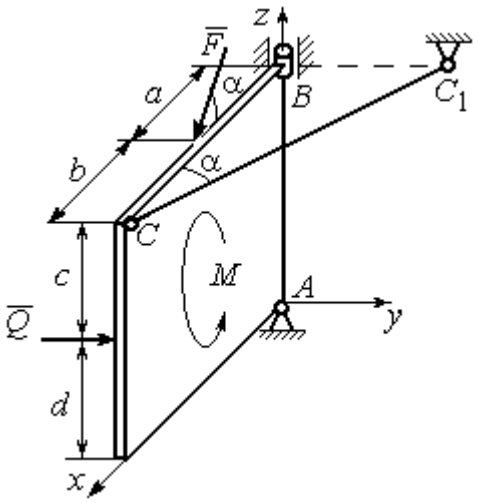
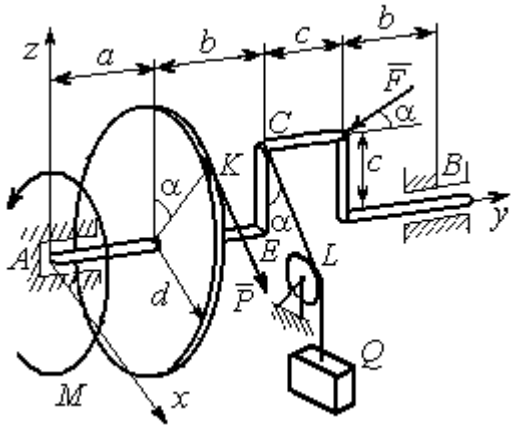
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* находится в вертикальной плоскости *zAx*; стержень $CC_1$ расположен в плоскости, параллельной *xAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Сила $\vec{F}$ находится в плоскости *zAy*; стойка *CE* находится в плоскости *zAy*; отрезок *CL* нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной *xAz*; сила $\vec{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке *K*.<br>Найти реакции подпятника *A*, подшипника *B* и величину уравновешивающего момента *M* |

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

**Исходные данные для задания С2.**
**Равновесие пространственной системы сил**

| Номер варианта задания | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 15 | 12 | 10 | 15 | 14 |
| *F*, кН | 8 | 6 | 12 | 6 | 10 | 10 | 8 | 12 | 12 | 10 |
| *Q*, кН | – | 12 | – | 12 | 8 | 12 | 10 | – | 10 | 12 |
| *M*, кН·м | 12 | – | 10 | 8 | 12 | 6 | 8 | 6 | 8 | – |
| α, град | 60 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 60 | 30 | 30 | 60 |
| *a*, м | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 0,8 | 0,8 |
| *b*, м | 1,0 | 0,6 | 1,1 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 1,2 | 0,2 | 0,6 |
| *c*, м | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,4 |
| *d*, м | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

| Номер варианта задания | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 8 | 10 | 10 | 15 | 14 | 10 | 16 | 9 | 10 | 12 |
| *F*, кН | 6 | 12 | 16 | 8 | 12 | 14 | 10 | 15 | 8 | 10 |
| *Q*, кН | – | 14 | – | 10 | 10 | 12 | 14 | – | 12 | 14 |
| *M*, кН·м | 10 | – | 12 | 12 | 12 | 8 | 10 | 10 | 10 | – |
| α, град | 30 | 60 | 60 | 60 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 30 |
| *a*, м | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 0,5 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 0,6 | 0,9 | 1,2 |
| *b*, м | 0,6 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 0,3 | 0,8 |
| *c*, м | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| *d*, м | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,8 |

| Номер варианта задания | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 10 | 12 | 5 | 8 | 10 | 14 | 18 | 12 | 14 | 10 |
| *F*, кН | 12 | 8 | 15 | 10 | 12 | 8 | 10 | 15 | 9 | 8 |
| *Q*, кН | – | 10 | – | 12 | 14 | 10 | 16 | – | 12 | 6 |
| *M*, кН·м | 12 | – | 16 | 14 | 8 | 10 | 8 | 12 | 10 | – |
| α, град | 90 | 30 | 60 | 30 | 45 | 30 | 30 | 60 | 60 | 30 |
| *a*, м | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 0,9 |
| *b*, м | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 1,4 | 0,6 | 0,4 |
| *c*, м | 0,4 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 0,6 |
| *d*, м | 0,4 | 1,5 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |

## Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

**Задача 1**. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив I радиуса *R* и шкив II радиуса *r*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*. Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*, закручивающая вал вокруг оси *Cy*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в точке *B* шкива II, определяемой центральным углом 30º, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента *M* и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

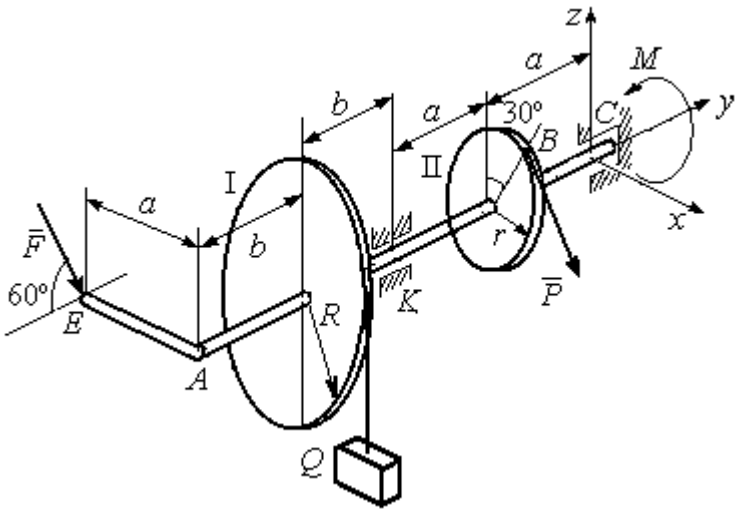


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

*Решение*

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом *Q*, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника *C* раскладываем на три со-

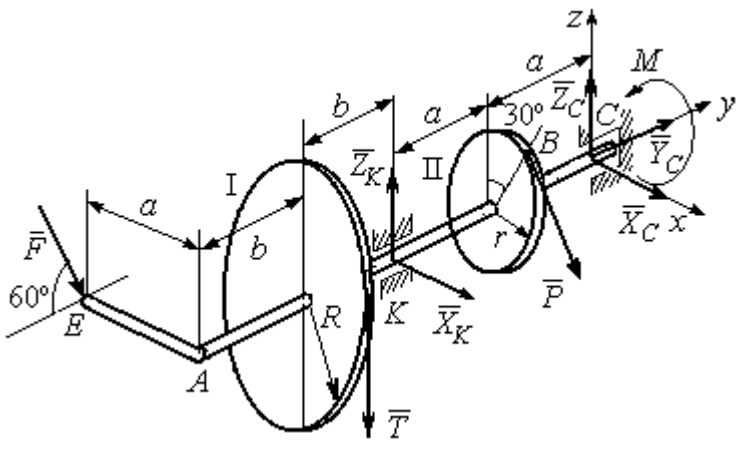


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

ставляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *K* и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) $\infty$ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0\,,\ \sum F_{ky} = 0\,,\ \sum F_{kz} = 0\,,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0\,,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0\,,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0\,.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

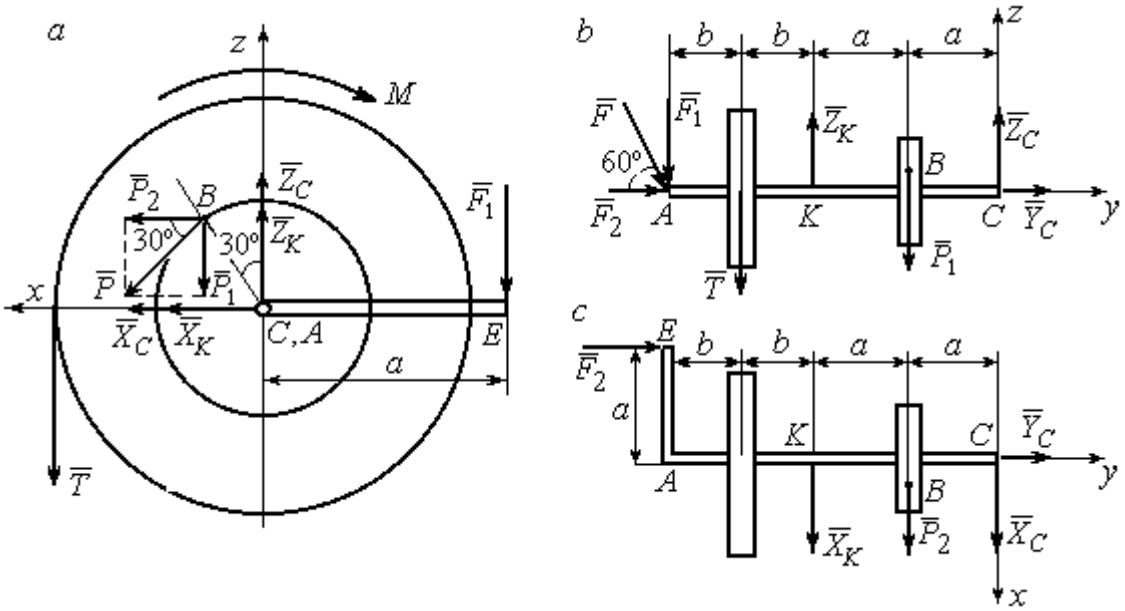



Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
*b* – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
*c* – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки *C*, получим значения моментов исходных сил относительно оси *y*.

Для вычисления моментов сил относительно оси *x* достаточно найти моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси $z$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87 \cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ \ 2 \cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4 \cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2 \cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5 \cdot 4 \cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}6 + 4 \cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87 \cdot 4 \cdot 0{,}8 + 1{,}6 \cdot X_K - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ кН, $Y_C = -1$ кН, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ кН·м.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ кН.

**Задача 2**. Плита весом *P* расположена в вертикальной плоскости *zAy*. В точке А плита закреплена пространственным шарниром, а в точке *B* на оси *y* опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня $CC_1$, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке *C* перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

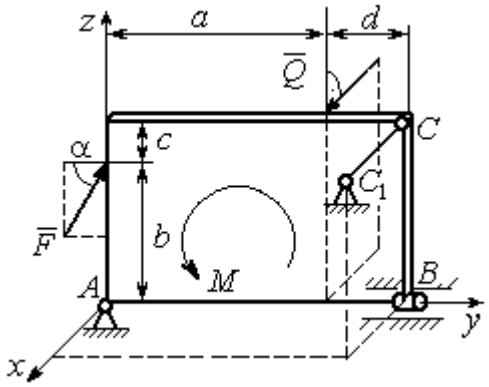


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом $\alpha$ к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом *M*. Найти реакции шарниров *A* и *B* и усилие в стержневой подпорке $CC_1$ при равновесии плиты, если параметры нагрузки: *P* = 1 кН, *Q* = 500 Н, *F* = 400 Н, *M* = 300 Н·м, $\alpha = 35^\circ$, *a* = 2 м, *b* = 1,5 м, *c* = 0,2 м, *d* = 0,4 м.

*Решение*

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира *A* раскладывается на три составляющие: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника *B* лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

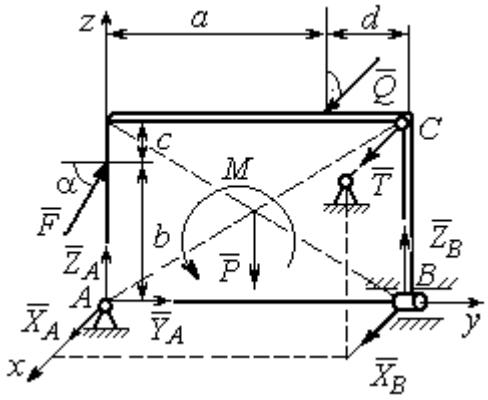


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: ($\vec{P}$, $\vec{F}$, $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, $\vec{T}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, $M$) $\infty$ 0. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0\,,\ \sum F_{ky} = 0\,,\ \sum F_{kz} = 0\,,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0\,,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0\,,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0\,.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx} = 0\,,\ X_A + Q + X_B + T = 0,$$

$$\sum F_{ky} = 0\,,\ Y_A + F\cos\alpha = 0,$$

$$\sum F_{kz} = 0\,,\ Z_A + F\sin\alpha - P + Z_B = 0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0\,,\ -F\cos\alpha \cdot b - P \cdot 0{,}5(a+d) + Z_B(a+d) + M = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = 0\,,\ Q \cdot (b+c) + T \cdot (b+c) = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = 0\,,\ -Q \cdot a - T \cdot (a+d) - X_B \cdot (a+d) = 0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A + 500 + X_B + T = 0,\ \ Y_A + 400 \cdot 0{,}82 = 0,\ Z_A + 400 \cdot 0{,}57 - 1000 + Z_B = 0,$$

$$-400 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}5 - 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}4 + Z_B \cdot 2{,}4 + 300 = 0,$$

$$500 \cdot 1{,}7 + T \cdot 1{,}7 = 0,\quad -500 \cdot 2 - T \cdot 2{,}4 - X_B \cdot 2{,}4 = 0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T = -500\ \text{Н},\ X_B = 83{,}33\ \text{Н},\ Z_B = 580\ \text{Н},$$

$$X_A = -83{,}33\ \text{Н},\ Y_A = -328\ \text{Н},\ Z_A = 192\ \text{Н}.$$

Полные реакции пространственного шарнира $A$:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 389{,}09\ \text{Н},$$

цилиндрического шарнира $B$: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 585{,}95$ Н.

# 2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

**Кинематикой** называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

## 2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

**Векторный способ** основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\vec{r} = \vec{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета.

**Мгновенная скорость,** или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон измене-

ния длины дуги, $\vec{\tau}$ –единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

**Мгновенное ускорение,** или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ на координатные оси – величины $a_x$, $a_y$, $a_z$ – определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям $n$ и $\tau$ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина $a_n$ называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где $\rho$ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина $a_\tau$ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданно-

го закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$ вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

## 2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с

$\varphi$, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела (**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где $\omega$ – величина угловой скорости тела; $h$ – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

**Ускорение точки вращающегося твердого тела** рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела; $h$ – расстояние от точки до оси вращения.

## 2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

**Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела**, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

**Скорость** любой точки $M$ плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки $M$ при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки $M$; $\vec{V}_A$ – скорость полюса $A$; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки $M$ при вращении тела вокруг полюса $A$, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где $\omega$ – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; $MA$ – расстояние между полюсом $A$ и точкой $M$.

**Мгновенным центром скоростей** называется такая точка $P$ плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

### Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек $A$ и $B$ плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

2. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек $A$ и $B$ плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия $AB$ перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек $A$ и $B$ параллельны друг другу, но линия $AB$, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела

в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

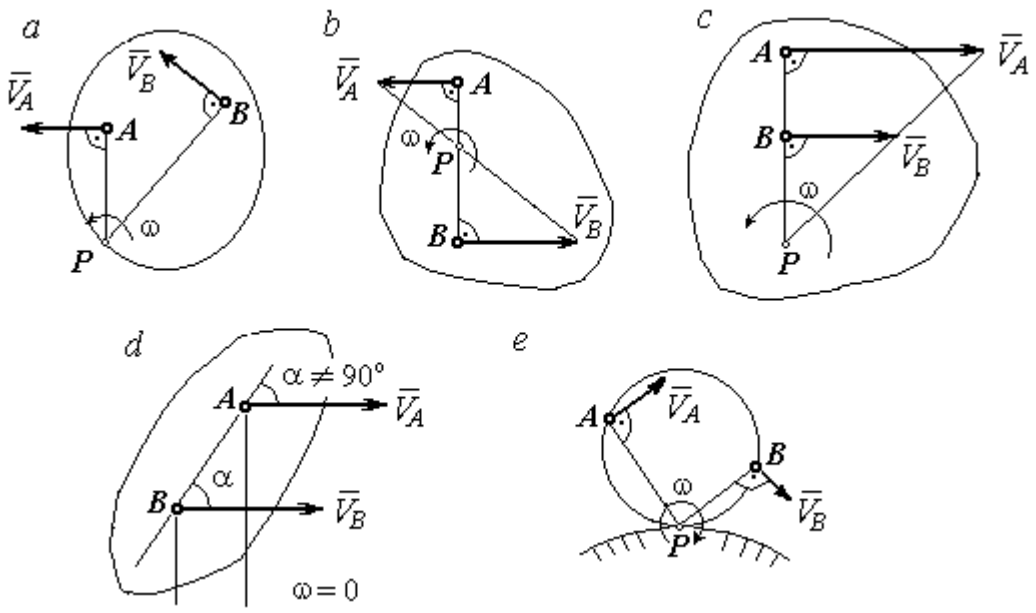



Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

**Ускорение любой точки *M* плоской фигуры** при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $M$ при вращении фигуры вокруг полюса $A$.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки $M$ к полюсу $A$. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку $AM$ в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки $M$ определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM\,,\quad a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM\,,$$

где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); $AM$ – расстояние от точки $M$ до полюса $A$ (см. рис. 2.2).

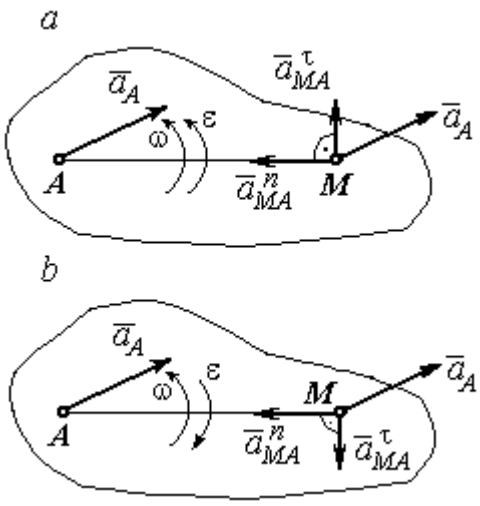



Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
*a* – ускоренное движение;
*b* – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса $A$ и точки $M$, то для определения ускорения точки $M$ используется векторное равенство

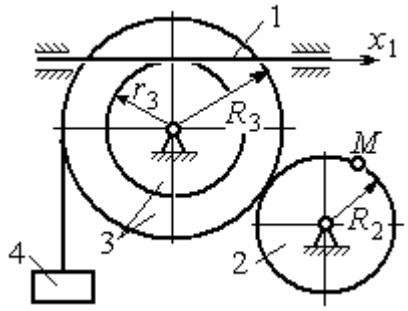
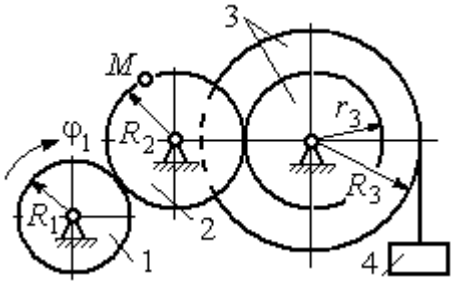
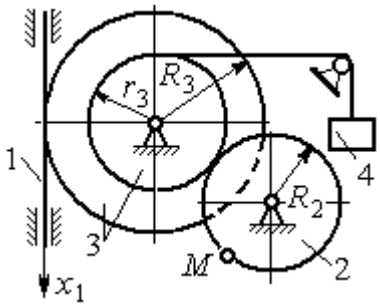
$$\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA},$$

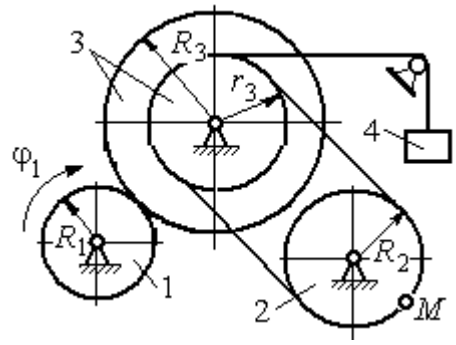
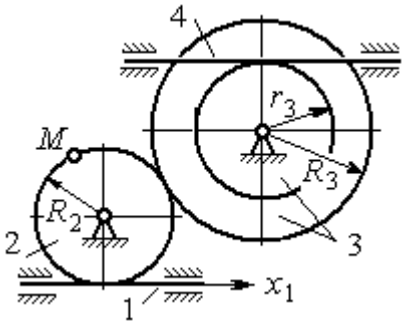
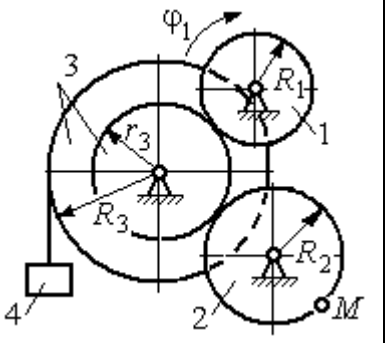
где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $M$ и полюса $A$ при движении их по заданным траекториям.

## 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени $t_1$ скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки $M$ звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

| Варианты № 1, 11, 21 | Варианты № 2, 12, 22 | Варианты № 3, 13, 23 |
|---|---|---|
|  |  |  |

| Варианты № 4, 14, 24 | Варианты № 5, 15, 25 | Варианты № 6, 16, 26 |
|---|---|---|
|  |  |  |

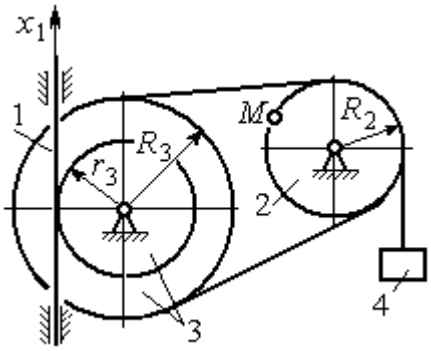
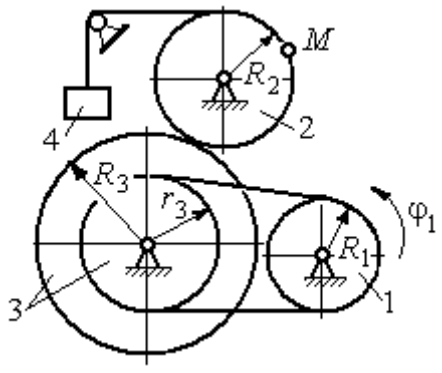
| Варианты № 7, 17, 27 | Варианты № 8, 18, 28 |
|---|---|
|  |  |

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

*Окончание вариантов задания К1*

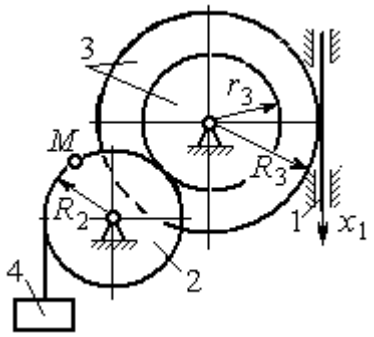
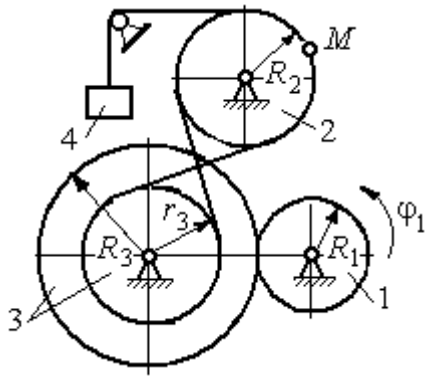
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |





Рис. 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

**Исходные данные вариантов задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела**

| Номер варианта задания | $R_1$,см | $R_2$, см | $R_3$, см | $r_3$, см | $x_1(t)$, см<br>$\varphi_1(t)$, рад | $t_1$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | – | 40 | 45 | 35 | $x_1(t) = (3t-1)^2$ | 2 |
| **2** | 10 | 20 | 38 | 18 | $\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$ | 3 |
| **3** | – | 30 | 42 | 18 | $x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **4** | 15 | 30 | 45 | 20 | $\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$ | 2 |
| **5** | – | 30 | 40 | 20 | $x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$ | 3 |
| **6** | 10 | 20 | 30 | 10 | $\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **7** | – | 30 | 40 | 30 | $x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$ | 2 |
| **8** | 8 | 10 | 30 | 25 | $\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$ | 2 |
| **9** | – | 18 | 30 | 18 | $x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$ | 3 |
| **10** | 15 | 30 | 50 | 20 | $\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$ | 2 |
| **11** | – | 30 | 40 | 25 | $x_1(t) = (t^2 - 3t)$ | 2 |
| **12** | 12 | 20 | 40 | 28 | $\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$ | 3 |
| **13** | – | 25 | 60 | 42 | $x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **14** | 10 | 30 | 45 | 30 | $\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$ | 2 |

*Окончание табл. 2.1*

| Номер варианта задания | $R_1$,см | $R_2$, см | $R_3$, см | $r_3$, см | $x_1(t)$, см<br>$\varphi_1(t)$, рад | $t_1$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **15** | – | 20 | 30 | 20 | $x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$ | 3 |
| **16** | 12 | 18 | 40 | 20 | $\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **17** | – | 20 | 35 | 15 | $x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$ | 2 |
| **18** | 15 | 18 | 40 | 25 | $\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **19** | – | 22 | 50 | 18 | $x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$ | 3 |
| **20** | 10 | 20 | 45 | 10 | $\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$ | 4 |
| **21** | – | 20 | 40 | 20 | $x_1(t)=t+(3t-4)^2$ | 2 |
| **22** | 8 | 18 | 42 | 18 | $\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$ | 3 |
| **23** | – | 45 | 60 | 40 | $x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$ | 1 |
| **24** | 5 | 15 | 30 | 20 | $\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$ | 2 |
| **25** | – | 15 | 35 | 25 | $x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$ | 3 |
| **26** | 18 | 20 | 35 | 20 | $\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$ | 1 |
| **27** | – | 15 | 35 | 15 | $x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **28** | 10 | 12 | 40 | 25 | $\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **29** | – | 35 | 50 | 10 | $x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$ | 1 |
| **30** | 10 | 20 | 40 | 10 | $\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$ | 4 |

## Пример выполнения задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* на момент времени $t_1$, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2$= 20 см, $r_2$= 5 см, $R_3$= 8 см, $r_3$ = 4 см, $x_1 = 2t^2 - 5t$ см, $t_1$=1 с.

*Решение*

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

Направления показаны на рис 2.5, *b* дуговыми стрелками $\varphi_2$, $\varphi_3$, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси $x_4$.

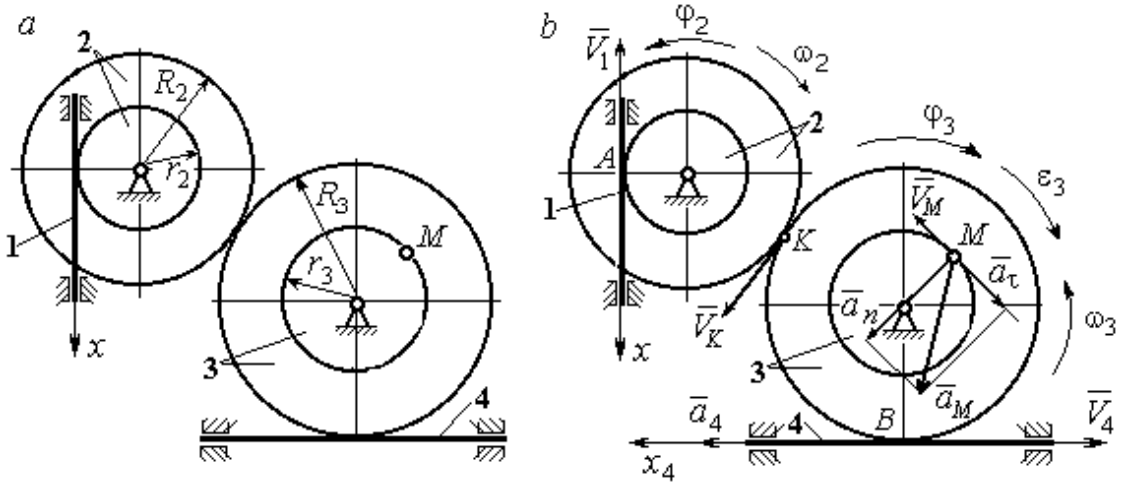



Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
*a* – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты $x$. Дифференцируем по времени уравнение движения: $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1) = -1$ см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\vec{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Эту же скорость будет иметь точка *A* – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии $r_2$ от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где $\omega_2$ – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с. При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1) = -0{,}2$ рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью $\omega_2(1) = |\dot{\varphi}_2(1)| = 0{,}2$ рад/с происходит

в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой $\omega_2$ в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла $\varphi_2$. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла $\varphi_3$, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси $x_4$ в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с$^2$. Из того, что угловая скорость $\omega_3$ и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота $\varphi_3$, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение $a_\tau$ точки $M$ рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с$^2$. Так как вращение диска 3 замедленное, вектор касательного ускорения точки $M$ $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение $a_n$ точки $M$ рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с$^2$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки $M$ в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с$^2$. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

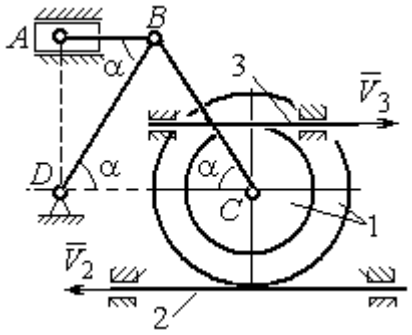
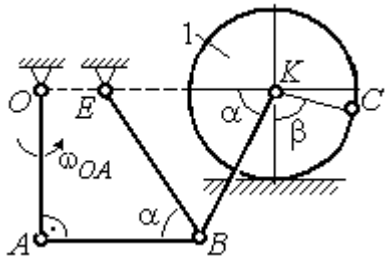
Ускорение $a_4$ звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение $a_4$ не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси $x_4$ в сторону положительных значений.

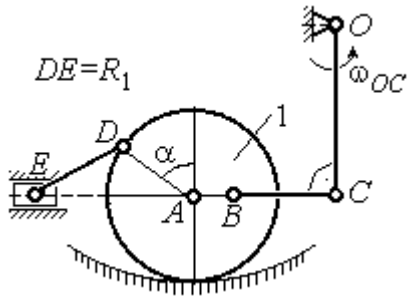
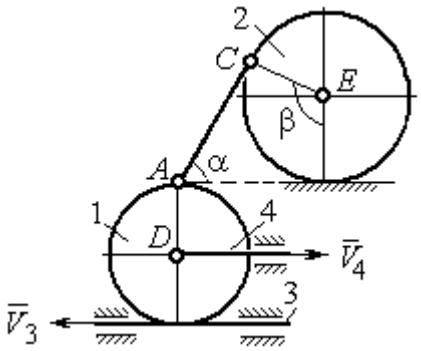
## 2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  <br>Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$ |  <br>Найти: $V_A, V_B, V_K$, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, $\omega_{BE}, \omega_{BK}$ |

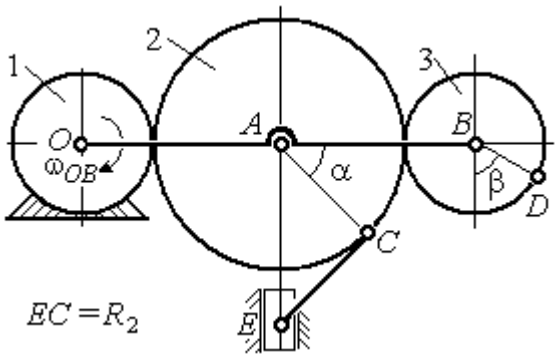
| Номер варианта задания | $R_1$, см | $r_1$, см | $AD$, см | α, град | $V_2$, см/с | $V_3$, см/с | Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $OE$, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 10 | 5 | 20 | 30 | 8 | 10 | **2** | 3 | 5 | 4 | 30 | 60 | 10 |
| **11** | 12 | 8 | 25 | 45 | 10 | 4 | **12** | 4 | 8 | 6 | 45 | 90 | 8 |
| **21** | 10 | 6 | 15 | 60 | 5 | 5 | **22** | 5 | 12 | 2 | 60 | 120 | 12 |

| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|---|---|
|  <br>Найти: $V_A, V_B, V_C$, $V_D, V_E$, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$ |  <br>Найти: $V_A, V_C, V_E$, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$ |

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OC$, см | $AB$, см | $BC$, см | α, град | $\omega_{OC}$, рад/с | Номер варианта задания | $R_1$, см | $R_2$, см | α, град | β, град | $V_3$, см/с | $V_4$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | 12 | 18 | 10 | 35 | 60 | 4 | **4** | 10 | 15 | 30 | 60 | 8 | 4 |
| **13** | 10 | 15 | 10 | 25 | 90 | 8 | **14** | 6 | 10 | 45 | 90 | 4 | 6 |
| **23** | 15 | 20 | 5 | 20 | 120 | 6 | **24** | 10 | 12 | 60 | 120 | 3 | 3 |

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

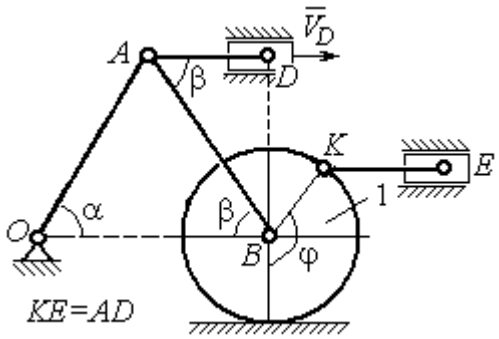
**Варианты № 5, 15, 25**




Найти: $V_A$, $V_B$, $V_C$, $V_D$, $V_E$, $\omega_2$, $\omega_3$, $\omega_{EC}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $R_2$, см | $R_3$, см | α, град | β, град | $\omega_{OB}$, рад/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 10 | 20 | 12 | 60 | 0 | 6 |
| **15** | 6 | 18 | 10 | 90 | 90 | 8 |
| **25** | 20 | 25 | 15 | 120 | 180 | 4 |

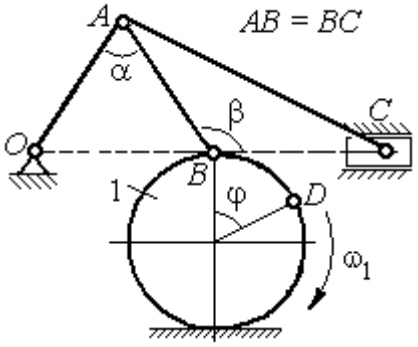
**Варианты № 6, 16, 26**




Найти: $V_A, V_B, V_K, V_E,$ $\omega_1$, $\omega_{OA}$, $\omega_{AB}$, $\omega_{AD}$, $\omega_{KE}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | α, град | β, град | φ, град | $V_D$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6** | 10 | 20 | 30 | 60 | 60 | 12 |
| **16** | 12 | 26 | 30 | 30 | 90 | 8 |
| **26** | 15 | 30 | 60 | 60 | 120 | 15 |

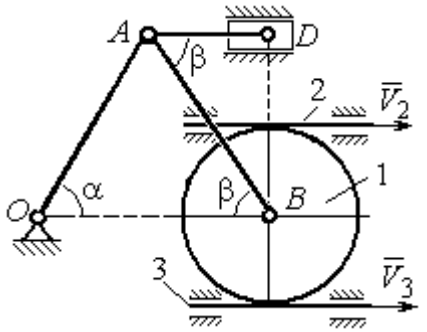
**Варианты № 7, 17, 27**




Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AC}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $AB$, см | α, град | β, град | φ, град | $V_D$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **7** | 10 | 20 | 30 | 60 | 60 | 12 |
| **17** | 12 | 25 | 60 | 120 | 90 | 16 |
| **27** | 8 | 16 | 30 | 60 | 120 | 10 |

**Варианты № 8, 18, 29**

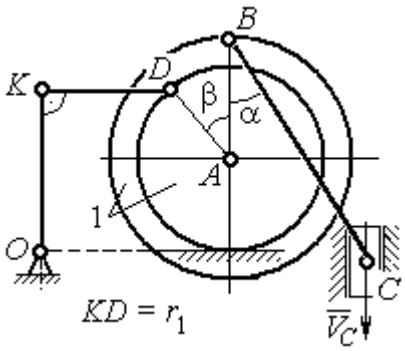
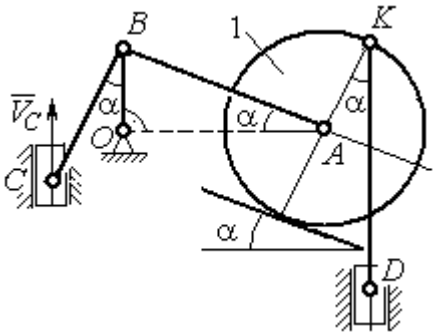



Найти: $V_A, V_B, V_D$, $\omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AD}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | α, град | β, град | $V_2$, см/с | $V_3$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 10 | 20 | 30 | 60 | 12 | 4 |
| **18** | 12 | 26 | 30 | 30 | 8 | 2 |
| **28** | 15 | 30 | 60 | 60 | 6 | 3 |

Рис. 2.7. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

*Окончание вариантов задания К2*

| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  Найти: $\omega_{OK}, \omega_{KD}, \omega_{BC}, \omega_1,$ $V_A, V_B, V_K, V_D$ |  Найти: $V_A, V_B, V_D, V_K,$ $\omega_{CB}, \omega_1, \omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$ |

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $r_1$, см | α, град | β, град | $BC$, см | $V_C$, см/с | Номер варианта задания | $R_1$, см | $CB$, см | $OB$, см | $KD$, см | α, град | $V_C$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **9** | 20 | 12 | 45 | 60 | 60 | 8 | **10** | 10 | 20 | 30 | 60 | 30 | 4 |
| **19** | 24 | 16 | 60 | 90 | 50 | 4 | **20** | 12 | 26 | 30 | 50 | 45 | 2 |
| **29** | 16 | 10 | 30 | 120 | 40 | 6 | **30** | 15 | 30 | 60 | 60 | 60 | 3 |

Рис. 2.8. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

## Пример выполнения задания К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

**Задача 1.** Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня $OC$ и подвижных дисков 2 и 3 радиусами $r_2$, $r_3$, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках $A$ и $C$. Стержень $OC$ вращается вокруг неподвижного центра $O$ с угловой скоростью $\omega_{OC}$. Диск 2, увлекаемый стержнем $OC$, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом $r_1$. Диск 3, также увлекаемый стержнем $OC$, катится без проскальзыва-

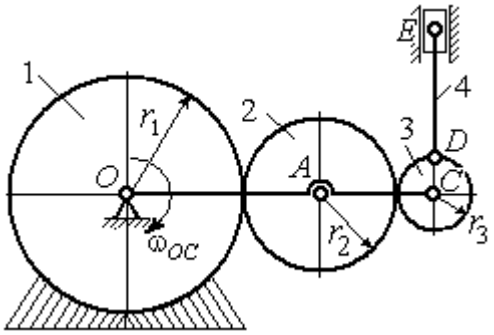


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

ния по подвижному диску 2. В точке *D*, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен стержень 4, к которому в точке *E* шарнирно прикреплен поршень *E*, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень *OC* горизонтален, стержень *DE* направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек *A*, *C*, *D*, *E*, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: $r_1$ = 6 см, $r_2$ = 4 см, $r_3$ = 2 см, *DE* = 10 см, $\omega_{OC}$ = 1 рад/с.

*Решение*

Определим скорость точки *A*, общей для стержня *OC* и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

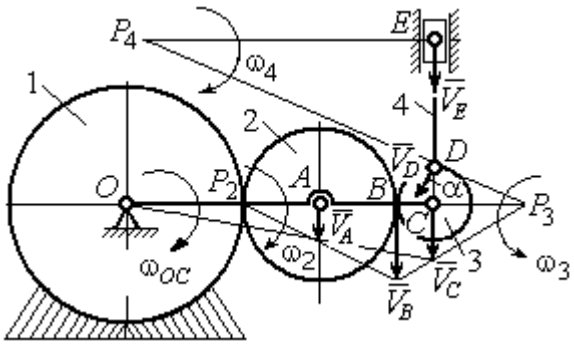



Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой $P_2$. В этом случае скорость точки *A* может быть определена через угловую скорость диска $\omega_2$ следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как $V_A$ = 10 см/с, получим $\omega_2$ = 2,5 рад/с.

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек *B* и *C*. Скорость точки *B* может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 20 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен отрезку $BP_2$ и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей $P_2$.

Скорость точки $C$ определяется через угловую скорость стержня $OC$: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3)$ = 16 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню $OC$ и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей $P_3$ диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины $CP_3$, получим: $CP_3$= 8 см. Скорость точки $C$ выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда величина угловой скорости диска 3: $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3}$= 2 рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек $C$ и $B$, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки $D$ $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$ = $=2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2}$ = 16,5 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен отрезку $DP_3$ и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра $P_3$.

Для определения скорости поршня $E$ воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки $D$ и $E$. По построению, угол $\alpha$ между вектором $\vec{V}_D$ и осью $DE$ равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки $E$: $V_E$=16 см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка $P_4$ – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек *D* и *E* (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \dfrac{V_E}{EP_4}$, где $EP_4$ – расстояние от точки *E* до мгновенного центра скоростей звена 4, $EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, $\omega_4 = 0{,}4$ рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки *D*.

**Задача 2**. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы *OA* и *ED* вращаются вокруг неподвижных центров *O* и *E*. В крайней точке *D* кривошипа *ED* к нему прикреплён шатун *DB*, второй конец которого в точке *B* прикреплён к кривошипу *OA*. Шатун *AC* прикреплён в точке *A* к кривошипу *AO*, а другим своим концом – к ползуну *C*, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип *OA* вертикален, шатун *DB* расположен горизонтально, кривошип *ED* наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун *AC* отклонён на угол 30° от вертикального положения кривошипа *AO*. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма *AC* = 6 см, *AB* = 2 см, *BO* = 8 см, *DB* = 10 см и скорость ползуна в данный момент $V_C$ = 4 см/с.

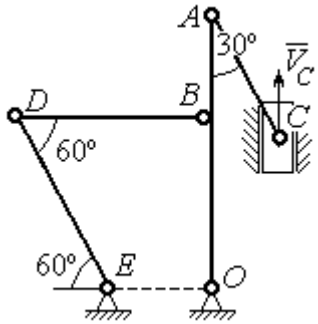


Рис. 2.11. Стержневой механизм

*Решение*

Кривошипы *OA* и *ED* совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек *A* и *B* перпендикулярны кривоши-

пу $OA$, а скорость $\vec{V}_D$ точки $D$ перпендикулярна кривошипу $ED$. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

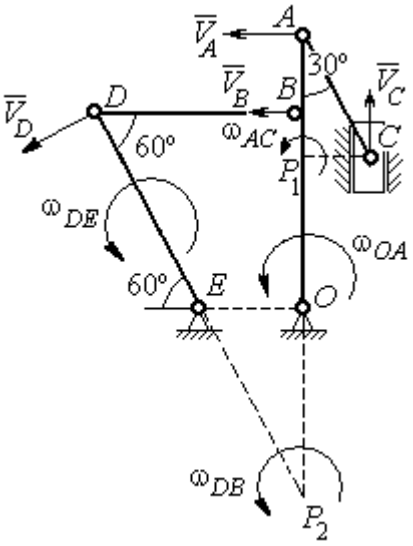



Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Шатун $AC$ совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей $P_1$ находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. Угловая скорость звена $AC$ равна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка $A$ принадлежит шатуну $AC$, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

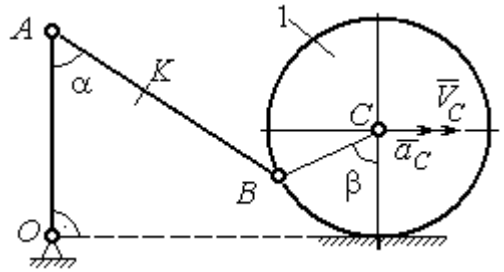
Теперь, исходя из того, что точка $A$ принадлежит как шатуну $AC$, так и кривошипу $OA$, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки $B$ кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

Шатун $DB$ совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек $B$ и $D$, построим мгновенный центр скоростей $P_2$ звена $DB$ как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна $DB$ $\omega_{DB} = \dfrac{V_B}{P_2B} = \dfrac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 0{,}32$ рад/с. Скорость точки $D$ $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \dfrac{DB}{\sin 30^\circ} = 6{,}4$ см/с. Угловая скорость кривошипа $DE$ $\omega_{DE} = \dfrac{V_D}{DE} = \dfrac{6{,}4}{(OB / \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

## 2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

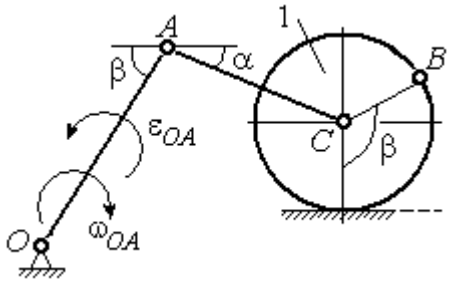
**Варианты № 1, 11, 21**




Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

| Номер варианта задания | $AB$, см | $AK$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 16 | 10 | 60 | 120 | 10 | 12 | 6 |
| **11** | 20 | 16 | 30 | 60 | 8 | 10 | 8 |
| **21** | 18 | 10 | 60 | 180 | 6 | 8 | 4 |

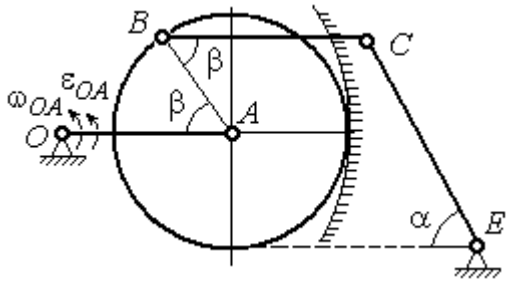
**Варианты № 2, 12, 22**




Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $AC$, см | α, град | β, град | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | 5 | 10 | 12 | 30 | 60 | 2 | 4 |
| **12** | 8 | 24 | 20 | 30 | 120 | 1 | 2 |
| **22** | 6 | 12 | 15 | 60 | 90 | 2 | 3 |

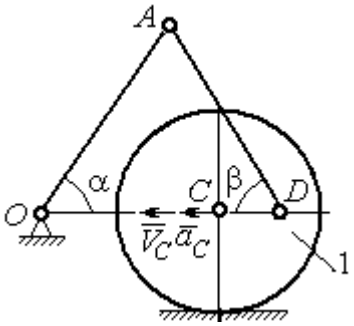
**Варианты № 3, 13, 23**




Найти: $a_C$, $a_B$, $\varepsilon_{BC}$

| Номер варианта задания | $BC$, см | $AO$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | 16 | 15 | 60 | 90 | 10 | 2 | 3 |
| **13** | 18 | 12 | 90 | 60 | 8 | 3 | 2 |
| **23** | 14 | 12 | 30 | 120 | 10 | 2 | 4 |

**Варианты № 4, 14, 24**

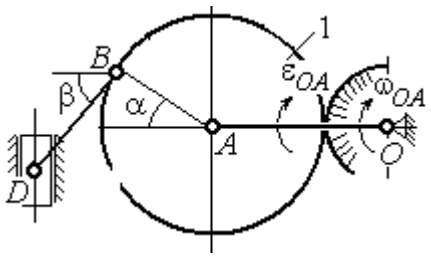



Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $DC$, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 10 | 28 | 5,78 | 60 | 30 | 10 | 2 |
| **14** | 8 | 24 | 4,62 | 30 | 90 | 8 | 3 |
| **24** | 6 | 20 | 6 | 45 | 45 | 12 | 2 |

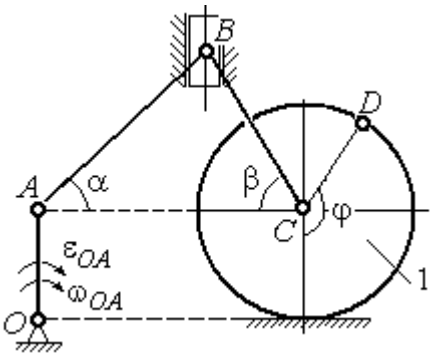
Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

**Варианты № 5, 15, 25**




Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

**Варианты № 6, 16, 26**

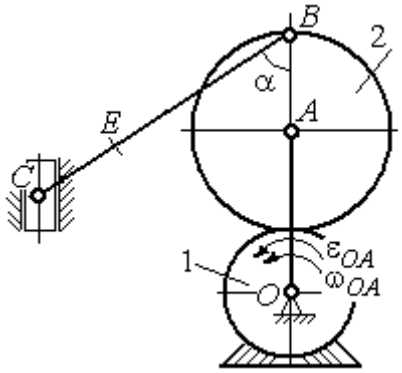



Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

| Номер варианта задания | *OA*, см | *BD*, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 16 | 10 | 60 | 30 | 10 | 4 | 3 |
| **15** | 18 | 8 | 90 | 45 | 12 | 2 | 4 |
| **25** | 14 | 12 | 30 | 60 | 8 | 3 | 2 |

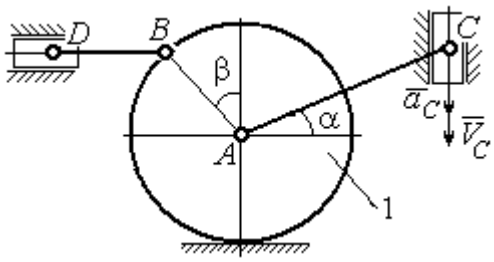
| Номер варианта задания | $R_1$, см | *AB*, см | φ, град | α, град | β, град | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6** | 6 | 18 | 60 | 30 | 30 | 2 | 3 |
| **16** | 8 | 20 | 90 | 60 | 30 | 2 | 4 |
| **26** | 5 | 16 | 120 | 30 | 60 | 3 | 4 |

**Варианты № 7, 17, 27**




Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$

**Варианты № 8, 18, 28**



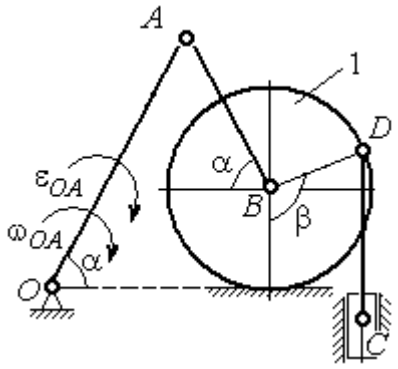
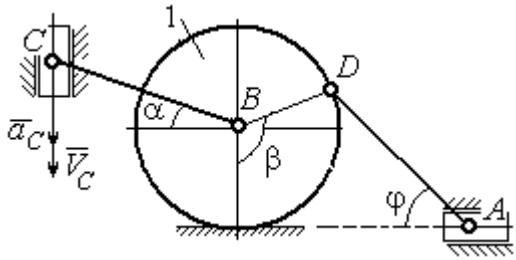

Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

| Номер варианта задания | *BC*, см | *BE*, см | α, град | $R_1$, см | $R_2$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7** | 22 | 10 | 60 | 2 | 10 | 2 | 3 |
| **17** | 28 | 15 | 30 | 3 | 6 | 3 | 4 |
| **27** | 20 | 8 | 45 | 4 | 8 | 2 | 2 |

| Номер варианта задания | $R_1$, см | *BD*, см | *AC*, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 4 | 5 | 12 | 60 | 60 | 12 | 5 |
| **18** | 6 | 10 | 16 | 45 | 90 | 10 | 8 |
| **28** | 8 | 8 | 16 | 30 | 120 | 8 | 6 |

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

*Окончание вариантов задания К3*

| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$ |  Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$ |

| Номер варианта задания | $OA$, см | $DC$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ | Номер варианта задания | $R_1$, см | $BC$, см | φ, град | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **9** | 18 | 10 | 30 | 120 | 4 | 2 | 3 | **10** | 6 | 14 | 60 | 30 | 120 | 15 | 3 |
| **19** | 20 | 12 | 60 | 60 | 6 | 3 | 4 | **20** | 5 | 18 | 45 | 60 | 90 | 10 | 5 |
| **29** | 18 | 8 | 60 | 90 | 4 | 2 | 3 | **30** | 4 | 16 | 30 | 45 | 60 | 12 | 4 |

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

## Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

**Задача 1**. Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек $R$ = 0,5 м и $r$ = 0,3 м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном $AC$, один конец которого соединён с центром барабана в точке $A$, а другой – с ползуном $C$, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун $AC$ отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки $B$ барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна $C$: $V_C$ = 9м/с, $a_C$ = 4 м/с$^2$.

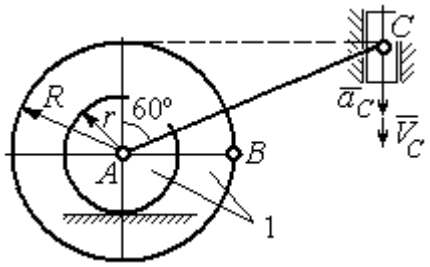



Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Найдём угловые скорости $\omega_{AC}$, $\omega_1$ шатуна $AC$ и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей $P_2$ находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки $C$ направлена вертикально вниз. Точка $A$ принадлежит как шатуну $AC$, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки $A$ параллельна поверхности качения барабана.

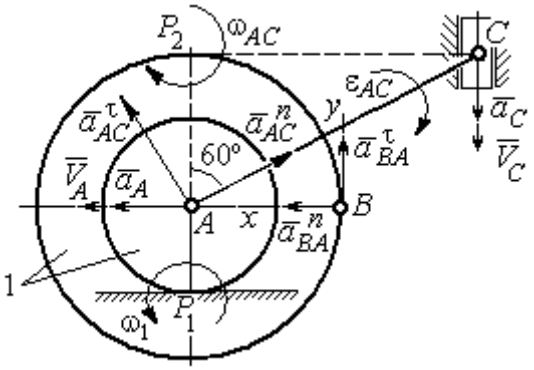



Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\,\mathrm{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки $A$ шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с.

При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке $P_1$ на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки $A$ через полюс $C$ на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{AC} + \vec{a}^{\,n}_{AC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки $C$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,\tau}_{AC}$, $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $A$ при вращении шатуна $AC$ вокруг полюса $C$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ направлен вдоль шатуна $AC$ от точки $A$ к полюсу $C$ и равен по величине $a^n_{AC} = \omega^2_{AC} \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с$^2$. Вектор касательного ускорения

$\vec{a}_{AC}^{\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку $AC$.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна $AC$ $\varepsilon_{AC}$ неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\tau}$ выбрано из предположения, что вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки $A$ определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

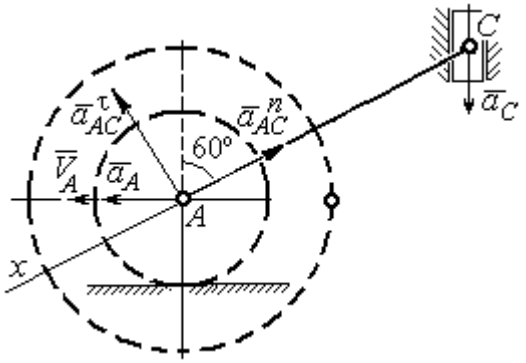


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Выберем ось $x$ вдоль линии $AC$ (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\tau} + \vec{a}_{AC}^{n}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\tau}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}\right) = -122{,}4$ м/с$^2$. Отрицательное значение ускорения точки $A$ означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

Для того чтобы найти ускорение точки $B$, выразим его через полюс $A$ на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\tau} + \vec{a}_{BA}^{n}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение

точки $A$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$, $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $B$ при вращении барабана вокруг полюса $A$.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ равен по величине $a_{BA}^{n} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с$^2$. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки $B$ к полюсу $A$ (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ вычисляется по формуле $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где $\varepsilon_1$ – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения $\varepsilon_{AC}$ шатуна $AC$) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние $AP_1$ от точки $A$ до центра скоростей барабана $P_1$ остаётся постоянным, равным $r$. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки $A$ можно продифференцировать. Получим $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка $A$ движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с$^2$, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с$^2$.

Заметим, что для вычисления углового ускорения $\varepsilon_{AC}$ шатуна $AC$ подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние $AP_2$ от точки $A$ до центра скоростей $P_2$ шатуна $AC$ является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат $xBy$ как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки $B$:

$a_{Bx} = a_A + a_{BA}^n$, $a_{By} = a_{BA}^\tau$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с$^2$, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с$^2$. Вектор полного ускорения точки $B$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. Величина ускорения точки $B$: $a_B = \sqrt{a_{Bx}^2 + a_{By}^2} = 34{,}32$ м/с$^2$.

**Задача 2**. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и угловым ускорением $\varepsilon_{OA}$. Диск 2, шарнирно присоединённый к кривошипу в точке $A$, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков $R_1$ и $R_2$. На краю диска 2 в точке $B$ шарнирно прикреплен стержень $BC$, соединенный с центром $C$ диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки $D$ и угловое ускорение стержня $BC$, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с$^2$, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

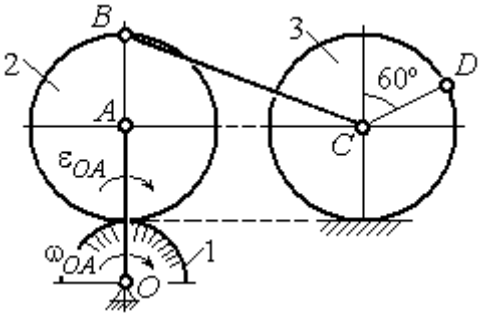


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

*Решение*

**Определение угловых скоростей звеньев механизма**.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость точки $A$: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка $P_2$ соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с.

Скорость точки $B$ диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня $BC$ заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки $B$ и $C$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня $BC$ отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

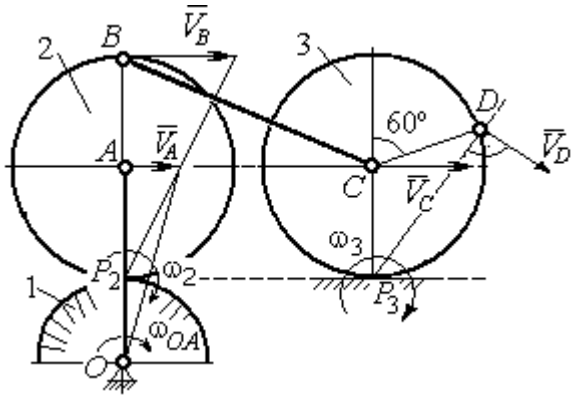



Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка $P_3$ касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки $D$ диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину $DP_3$ находим из треугольника $P_3DC$. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии $DP_3$ и (см. рис. 2.20).

**Определение ускорений точек механизма**.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки $C$ векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки $B$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $C$ при вращении стержня $BC$ вокруг полюса $B$, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^{\tau}_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки $C$ $a^n_{CB} = 0$, так как стержень $CB$ совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня $\varepsilon_{CB}$. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня $BC$ в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$.

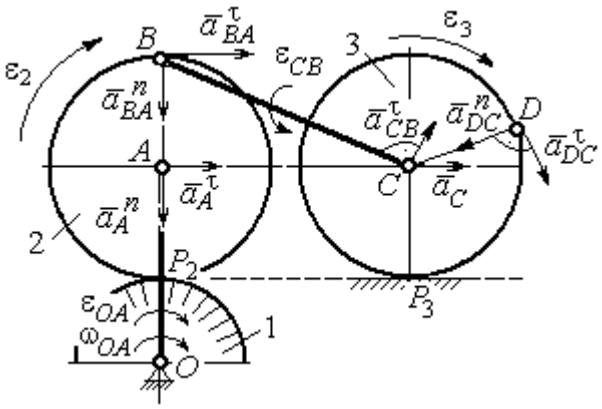



Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня $BC$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_{CB}$ (см. рис. 2.21).

Выразим ускорение точки $B$ через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$. Величина нормальной составляющей ускорения точки $B$ $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA = 288$ см/с$^2$. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса $BA$ от точки $B$ к полюсу $A$ (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$ вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения $\varepsilon_2$ диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние $AP_2$ остается постоянным, равным $R_2$. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину $a^{\tau}_A$, рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$ вокруг неподвижной оси $O$. Ускорение точки $A$ представляется в виде векторного равенства $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные

нормальная и касательная составляющие ускорения точки $A$ кривошипа $OA$: $a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с$^2$, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с$^2$. Направления векторов нормального ускорения $\vec{a}_A^n$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^\tau$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения $a_{BA}^\tau$ точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} =$ $= 3$ рад/с$^2$, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с$^2$.

Для определения ускорения точки $C$ имеем векторное равенство $\vec{a}_C = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau + \vec{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси $Cx$, $Cy$, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка $BC$ и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

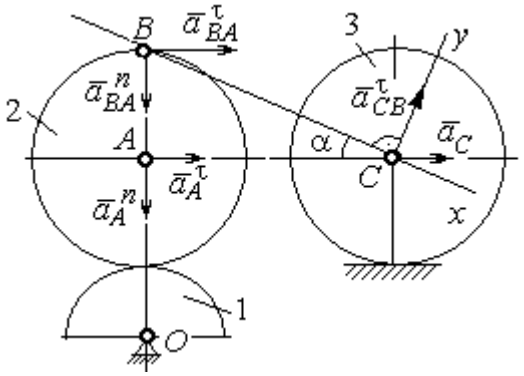


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где $\alpha$ – угол между стержнем $BC$ и линией центров $AC$; $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с$^2$, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с$^2$.

Модуль углового ускорения стержня $BC$: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с$^2$.

Знак «минус» величины $a_{CB}^\tau$ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня $BC$, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки $D$ через полюс $C$: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,n}_{DC} + \vec{a}^{\,\tau}_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки $C$; $\vec{a}^{\,n}_{DC}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки $D$ при вращении диска 3 вокруг полюса $C$. Величина нормального ускорения точки $D$: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}^{\,n}_{DC}$ направлен по радиусу от точки $D$ к полюсу $C$ (рис. 2.23).

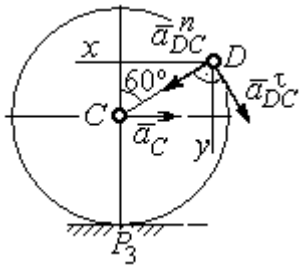



Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки $D$

Для расчёта касательной составляющей $a^{\tau}_{DC}$ ускорения точки $D$ найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с$^2$. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки $D$: $a^{\tau}_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с$^2$. Направление вектора $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

Проведём оси $Dx$ и $Dy$, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки $D$ на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{DC}\cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с$^2$, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с$^2$. Величина ускорения точки $D$:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

# 3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

## 3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где $\omega_e$ – величина угловой скорости вращения тела; $h_e$ – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

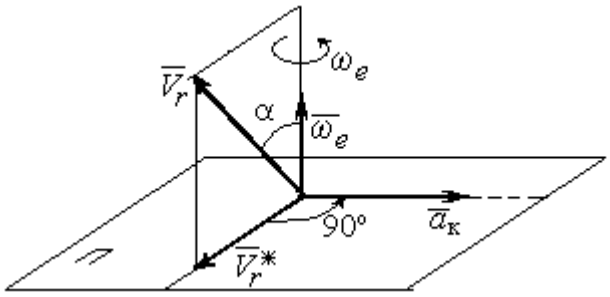



Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где $\alpha$ – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, где $\rho$ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^{n} = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, $a_e^{n} = \omega_e^2 h_e$, где $\varepsilon_e$ – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; $h_e$ – расстояние от точки до оси вращения тела; $\omega_e$ – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_{\text{к}} = 0,\ a_e^n = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$.

### 3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

**Задача 1.** Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке $C$ и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

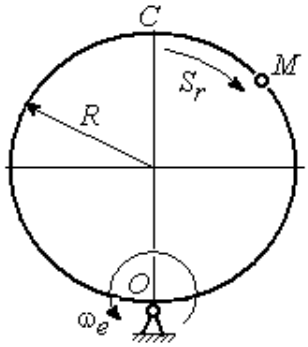
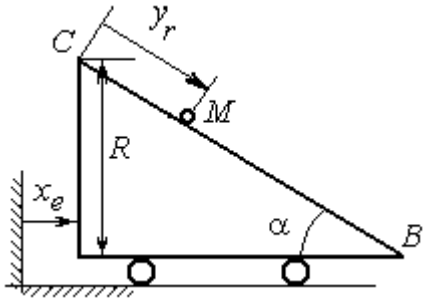
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени $t_1$.

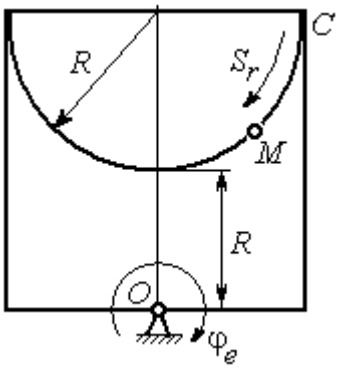
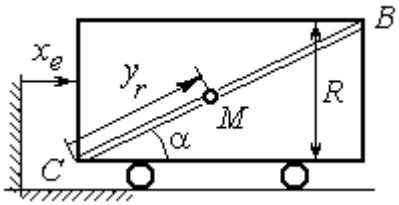
**Задача 2.** Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке $C$ и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени $t_2$, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

| **Варианты № 1, 11, 21** | |
|---|---|
| Задача 1 | Задача 2 |
|  |  <br>В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB$ |

| **Варианты № 2, 12, 22** | |
|---|---|
| Задача 1 | Задача 2 |
|  |  <br>В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла 2/3 пути $CB$ |

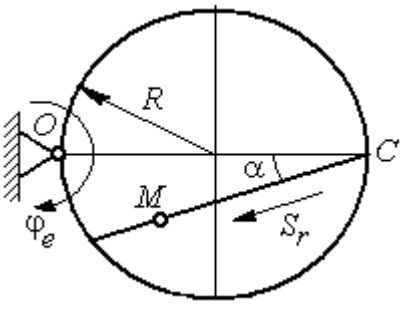
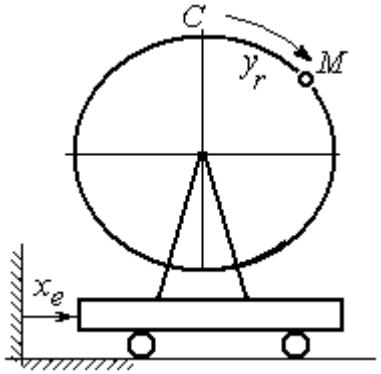
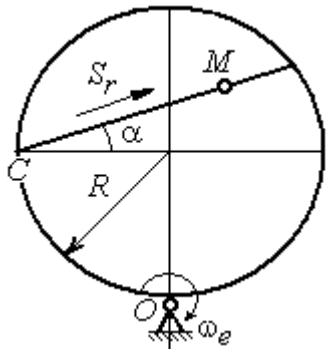
| **Варианты № 3, 13, 23** | |
|---|---|
| Задача 1 | Задача 2 |
|  |  |

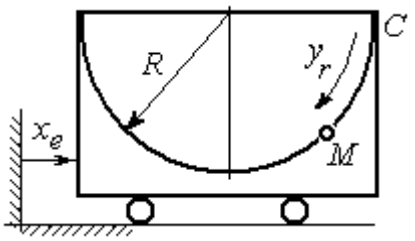
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

**Варианты № 4, 14, 24**

Задача 1

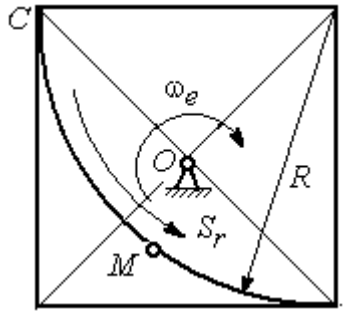



Задача 2

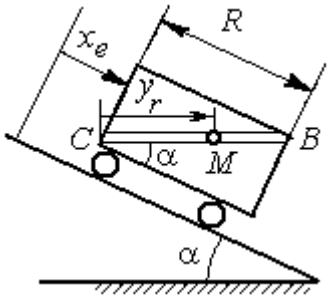



**Варианты № 5, 15, 25**

Задача 1



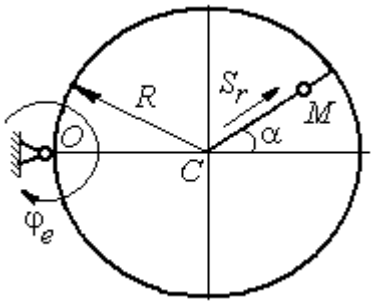

Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла путь $CB$

**Варианты № 6, 16, 26**

Задача 1




Задача 2

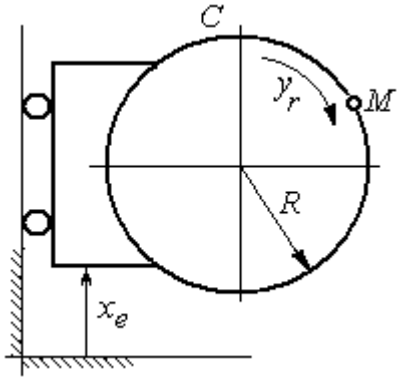
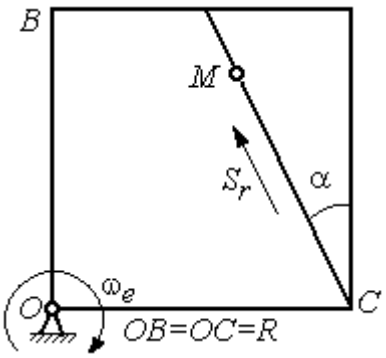


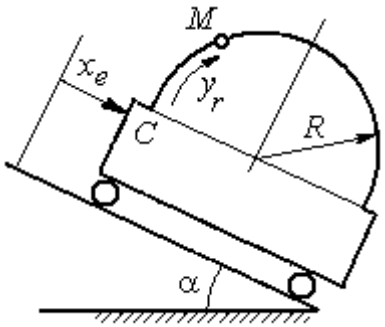

Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

**Варианты № 7, 17, 27**

Задача 1

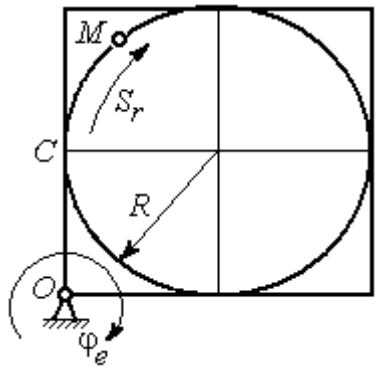



Задача 2

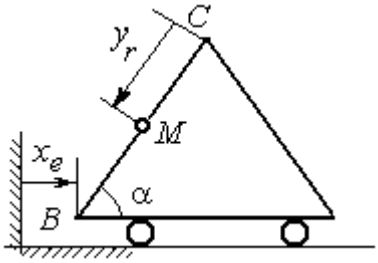



**Варианты № 8, 18, 28**

Задача 1



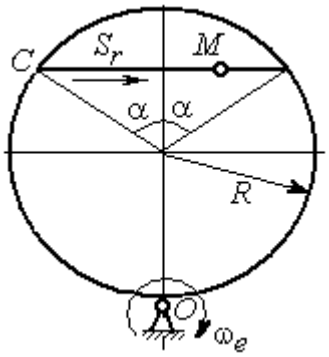

Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB = R$

**Варианты № 9, 19, 29**

Задача 1




Задача 2

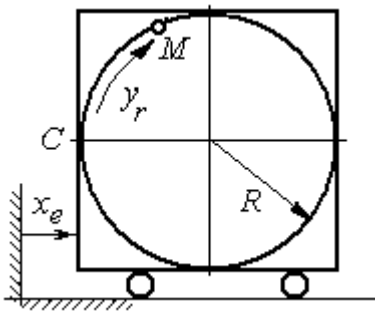
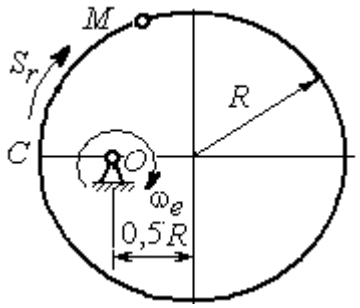



Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

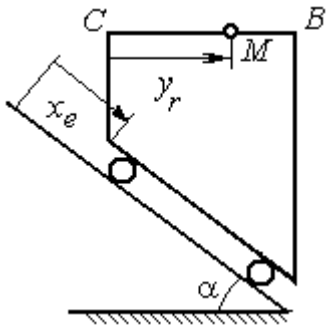
*Окончание вариантов задания К4*

**Варианты № 10, 20, 30**

Задача 1




Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

**Исходные данные для заданий по сложному движению точки**

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | α, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 3 | – | $S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$ | $\omega_e = 4t^2$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = 4t^2$ | $x_e = 2\cos(\pi t/6)$ | – |
| **2** | 1 | 2 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 3 | 60 | $y_r = t^2 + t$ | $x_e = 1 + \cos(\pi t)$ | – |
| **3** | 1 | 4 | 30 | $S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$ | $\varphi_e = 4t - t^2$ | 1 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = \pi\left[2t + \sin\pi t\right]$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **4** | 1 | 4 | 60 | $S_r = 2(t^3 + t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = \pi\left[2t + \cos(\pi t/2)\right]$ | $x_e = t^3 - 4t$ | 1 |
| **5** | 1 | 6 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 2 | 30 | $y_r = t^2 + 2t$ | $x_e = t^2 - 4t$ | – |
| **6** | 1 | 6 | 60 | $S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 2t^2 - 5t$ | 1 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$ | $x_e = \left[1 - \cos(\pi t/4)\right]$ | 1 |
| **7** | 1 | 8 | 30 | $S_r = 2(t^3 + 3t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = 2\pi t^2$ | $x_e = t^3 - 5t$ | 1 |

*Продолжение табл. 3.1*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | $\alpha$, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 1 | 8 | – | $S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$ | $\varphi_e = t^2 - 5t$ | 2 |
| | 2 | 6 | 30 | $y_r = t(t+1)$ | $x_e = \cos\pi t$ | – |
| **9** | 1 | 8 | 30 | $S_r = 2t^2$ | $\omega_e = \cos(\pi t/8)$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$ | $x_e = (3-2t)^2$ | 1 |
| **10** | 1 | 6 | – | $S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$ | $\omega_e = 5t - 2t^3$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = t^2 + 2t$ | $x_e = 1 + \cos\pi t$ | – |
| **11** | 1 | 6 | – | $S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$ | $\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 4\sin\pi t$ | $x_e = t^2 - 2t$ | – |
| **12** | 1 | 18 | – | $S_r = \pi(2t^2 + 2t)$ | $\varphi_e(t) = 3t - t^2$ | 2 |
| | 2 | 6 | 30 | $y_r = 2t^2 + t$ | $x_e = 1 + \cos(\pi t)$ | – |
| **13** | 1 | 10 | 60 | $S_r = t^3 + t$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$ | $x_e = t(t+1)$ | 1 |
| **14** | 1 | 4 | 30 | $S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$ | $\omega_e = (3-2t)^2$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$ | $x_e = 2t^2 - 5t$ | 1 |
| **15** | 1 | 8 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$ | $\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$ | 1 |
| | 2 | 5 | 60 | $y_r = 5t + t^2$ | $x_e = \cos(\pi t/6)$ | – |
| **16** | 1 | 12 | 90 | $S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$ | $\varphi_e = 2t - 3t^2$ | 1 |
| | 2 | 15 | – | $y_r = \pi(4t + t^2)$ | $x_e = 6\sin(\pi t/3)$ | 1 |
| **17** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$ | $\omega_e(t) = 4t^2 - 6$ | 1 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$ | $x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | 2 |
| **18** | 1 | 8 | – | $S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | $\varphi_e = 18t - 4t^2$ | 2 |
| | 2 | 8 | 60 | $y_r = 3t + 2t^2$ | $x_e = \sin\pi t$ | – |
| **19** | 1 | 8 | 60 | $S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$ | $\omega_e = 5t - t^2$ | 1 |
| | 2 | 9 | – | $y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$ | $x_e = \cos(\pi t/6)$ | 1 |
| **20** | 1 | 4 | – | $S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$ | $\omega_e = 3t - 5$ | 1 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 3t + 2t^2$ | $x_e = \pi\sin\pi t$ | – |
| **21** | 1 | 3 | – | $S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | $\omega_e = 6t - 14$ | 2 |
| | 2 | 8 | 45 | $y_r = (t^2 + 3t)$ | $x_e = t + 2\sin\pi t$ | – |

*Окончание табл. 3.1*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | $\alpha$, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **22** | 1 | 4 | – | $S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 9 | 60 | $y_r = 8\sin\pi t$ | $x_e = 5t - t^2$ | – |
| **23** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 12\sin(\pi t/8)$ | $\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **24** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 12\sin(\pi t/8)$ | $\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = \pi(t^2 + 2t)$ | $x_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| **25** | 1 | 6 | – | $S_r = 2\pi t^2$ | $\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 4 | 45 | $y_r = 2t(t + 3t)$ | $x_e = 2(t^3 - 3t)$ | – |
| **26** | 1 | 6 | 120 | $S_r = t^2 + t$ | $\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$ | 2 |
| | 2 | 9 | – | $y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$ | $x_e = 2(t^2 - 3t)$ | 1 |
| **27** | 1 | 10 | 60 | $S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 2 |
| | 2 | 9 | 30 | $y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$ | $x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$ | 1 |
| **28** | 1 | 2 | – | $S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$ | 1 |
| | 2 | 6 | | $y_r = 2t + 3t^2$ | $x_e = t + \sin\pi t$ | – |
| **29** | 1 | 8 | 30 | $S_r = (t^2 + 2t)$ | $\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **30** | 1 | 2 | – | $\pi(t^2 + 2t)$ | $\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 3 | 60 | $y_r = t + t^2$ | $x_e = t + \sin\pi t$ | – |

## Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

**Задача 1**. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину $A$ треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

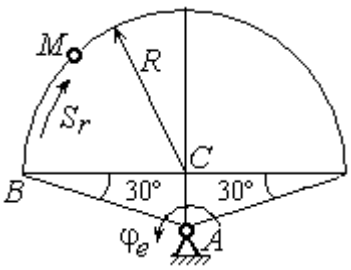



Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi_e$. По ободу диска от точки *B* движется точка *M*. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\cup}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки *M* на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой $S_r$. Радиус диска $R = 9$ см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки *M* в момент времени $t_1 = 1$ с.

*Решение*

Вращение фигуры будет для точки *M* переносным движением. Относительное движение точки *M* – её движение по окружности обода диска.

Для определения **положения точки** *M* на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки *M* определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.7 точкой $M_1$.

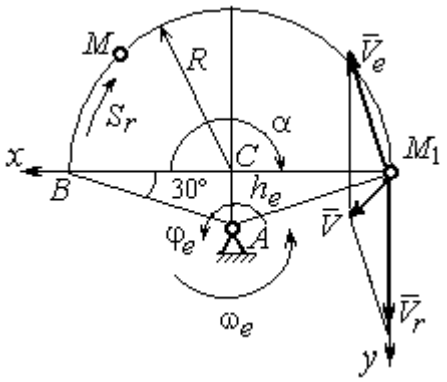


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При $t_1 = 1$ с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ показывает, что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой $\omega_e$ на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка *M* находится в положении $M_1$. Скорость $V_e$ переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где

расстояние от точки $M_1$ до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см.

Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен линии $AM_1$ и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги *BM*. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|18\pi t\right|$. При $t_1$ = 1 с $V_r(1) = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 18\pi$ = 56,5 см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении $M_1$ происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой $S_r$. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении $M_1$ направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

**Абсолютную скорость точки** находим по теореме сложения скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат $M_1xy$ (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e \cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e \cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с.

**Абсолютное ускорение точки** определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

**Относительное касательное ускорение** $a_r^\tau$ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с$^2$ – постоянная величина. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^\tau$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке $M_1$ в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой $S_r$.

**Относительное нормальное ускорение** точки вычисляется по формуле $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^n(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру $C$ (см. рис. 3.8).

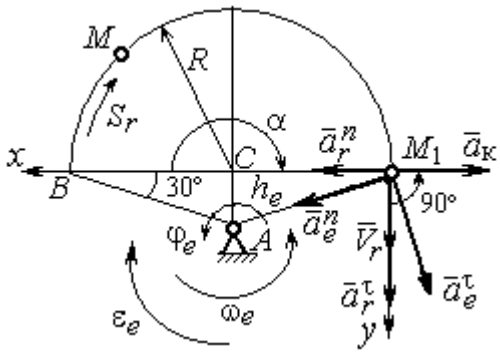


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

**Переносное касательное ускорение** вычисляется по формуле: $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с$^2$. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$ = 4 рад/с$^2$ постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение $\varepsilon_e$ направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\vec{a}_e^\tau$ переносного касательного ускорения точки в её положении $M_1$ перпендикулярен линии $AM_1$ и направлен противоположно вектору переносной скорости $\vec{V}_e$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^\tau = a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3}$ = 41,6 см/с$^2$.

**Переносное нормальное ускорение** $a_e^n$ рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1)h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен по линии $AM_1$ к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с$^2$.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку $M_1$ (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси $xM_1y$ (см. рис. 3.8) векторное равенство $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9$ см/с$^2$, $a_x = -a_e^{\tau}\cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с$^2$. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с$^2$.

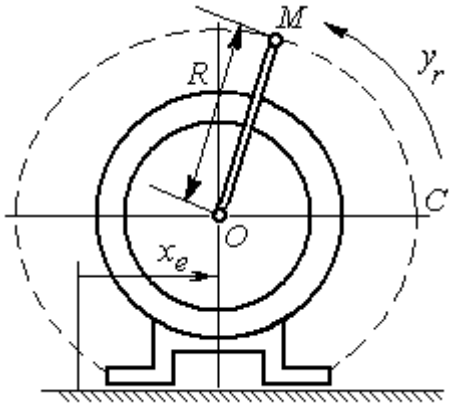



Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

**Задача 2.** К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень $OM$ длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка $M$ стержня из начального положения $C$ перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = y_r = \pi t^2$ см. При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону

$x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1 = 1$ с.

*Решение*

Точка $M$ совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса $R$, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол $\alpha$, отсчитываемый стержнем $OM$ от начального положения $OC$, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой $M_1$.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_r$ = 6,28 см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню $OM_1$.

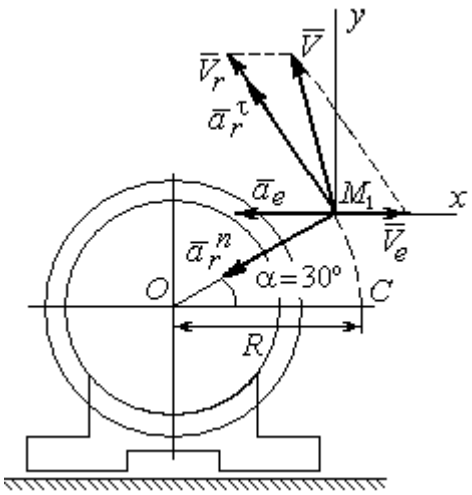



Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$V_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$с $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60° = 2{,}62$ см/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости точки $M$ направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину абсолютной скорости, выберем оси $xM_1y$, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ = -0{,}52$ см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси $x$), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ = 5{,}44$ см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2} = 5{,}46$ см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки $\omega_e = 0$ и потому $a_к = 0$. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня $OM$ и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^{\tau} = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^{\tau} = \dot{V}_e = -\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны $a_r^{\tau} = 6{,}28$ см/с$^2$, $a_r^n = 6{,}57$ см/с$^2$, $a_e = -4{,}75$ см/с$^2$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат $xM_1y$. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^{\tau}\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^{\tau}\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2} = 4{,}61$ см/с$^2$.

# 4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

## 4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, где $m$ – масса точки; $x$, $y$, $z$ – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

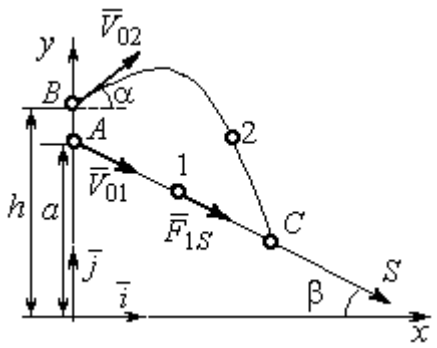
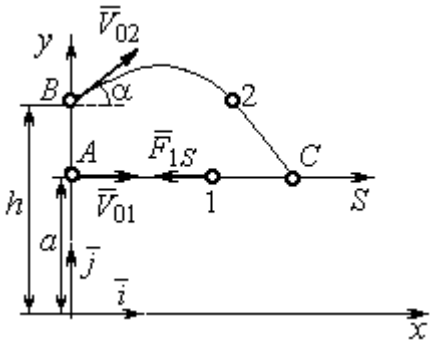
## 4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1$, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01}$, движется вдоль гладкой оси *AS*, наклоненной под углом $\beta$ к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси *AS*. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой $m_2$ из положения *B* на оси *y*. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ координатных осей *x*, *y*.

Определить величину и направление (угол $\alpha$) начальной скорости $V_{02}$ точки 2, чтобы в момент времени $t_1$ точки 1 и 2 встретились на оси $AS$ в точке $C$. Момент времени $t_1$ задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  <br>Встреча в точке $C$ в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной |  <br>Встреча в точке $C$ в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта |

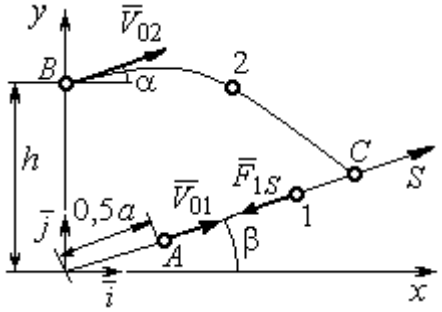
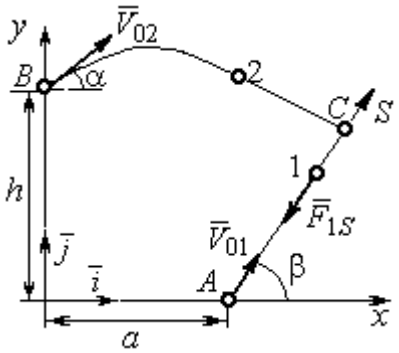
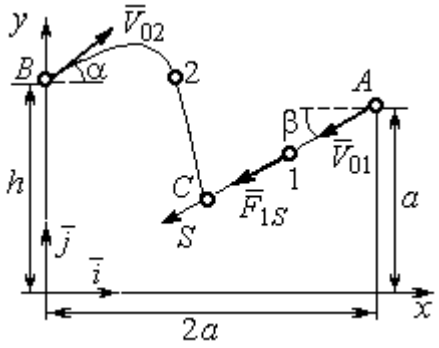
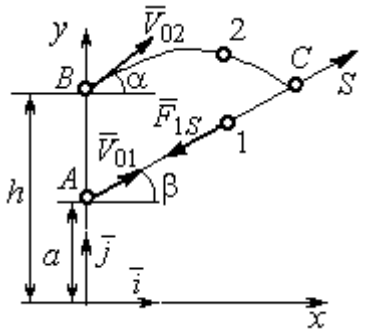
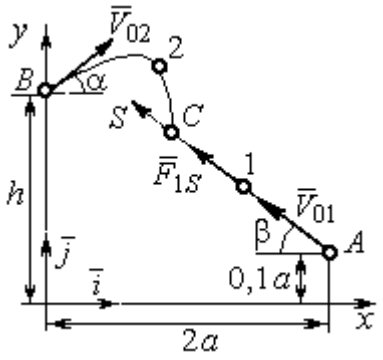
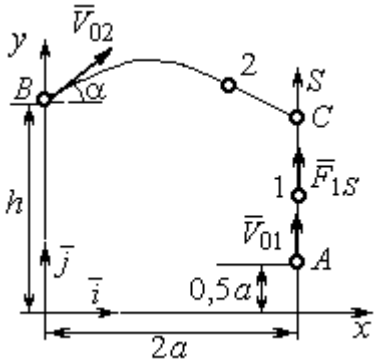
| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|---|---|
|  <br>Встреча в точке $C$ в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной |  <br>Встреча в точке $C$ в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с |

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|
|  |  |
| Встреча в точке *C* в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной | Встреча в точке *C*, когда точка 1 максимально удалилась от места старта |

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |
| Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с | Встреча в точке *C* в момент максимального подъёма точки 1 |

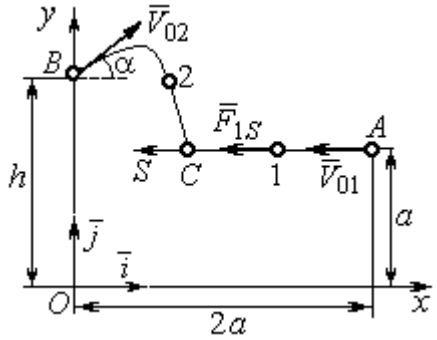
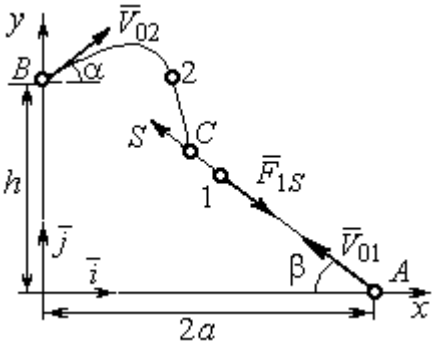
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |
| Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с | Встреча в точке *C* в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма |

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

**Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки**

| Номер варианта задания | $m_1$, кг | $F_{1S}$, Н | $V_{01}$, м/с | β, град | $m_2$, кг | $\vec{F}_2$, Н | $a$, м | $h$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 3 | 3 | 30 | 2 | $7\vec{i}$ | 2 | 4 |
| **2** | 3 | 6 | 2 | 0 | 2 | $4\vec{i}+12\vec{j}$ | 1,5 | 1 |
| **3** | 2 | 5 | 4 | 35 | 1,5 | $10\vec{i}+4\vec{j}$ | 2 | 2,5 |
| **4** | 1 | 10 | 2 | 60 | 2 | $4\vec{i}+8\vec{j}$ | 2,2 | 2 |
| **5** | 1 | 3 | 3 | 30 | 2 | $5\vec{i}$ | 3 | 4,5 |
| **6** | 0,8 | 6 | 6 | 50 | 3 | $3\vec{i}+12\vec{j}$ | 1,5 | 4 |
| **7** | 2 | 5 | 4,5 | 40 | 1 | $10\vec{i}+2\vec{j}$ | 3 | 2,5 |
| **8** | 1 | 2 | 3,5 | 90 | 2 | $6\vec{i}+8\vec{j}$ | 1,2 | 2 |
| **9** | 2 | 4 | 4 | 0 | 1 | $3\vec{i}+2\vec{j}$ | 2 | 2,5 |
| **10** | 1 | 3 | 3 | 55 | 1,5 | $4\vec{i}$ | 1 | 1,5 |
| **11** | 0,5 | 2 | 3 | 60 | 2 | $3\vec{i}+8\vec{j}$ | 1,5 | 2,5 |
| **12** | 0,2 | 3 | 4 | 0 | 1 | $5\vec{i}-2\vec{j}$ | 1 | 2,5 |
| **13** | 1 | 2 | 6 | 50 | 1,5 | $6\vec{i}-4\vec{j}$ | 0,8 | 2 |
| **14** | 0,5 | 6 | 4 | 35 | 1 | $3\vec{i}-2\vec{j}$ | 2,5 | 2 |
| **15** | 0,2 | 3 | 3 | 50 | 2 | $2\vec{i}-2\vec{j}$ | 3 | 4 |
| **16** | 2 | 4 | 6 | 40 | 2 | $3\vec{i}+12\vec{j}$ | 1 | 1,5 |
| **17** | 1 | 6 | 5 | 60 | 1,5 | $5\vec{i}+4\vec{j}$ | 3 | 2,5 |
| **18** | 1 | 2 | 2 | 90 | 2 | $4\vec{i}+4\vec{j}$ | 2 | 2 |
| **19** | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | $2\vec{i}+10\vec{j}$ | 1 | 1,5 |
| **20** | 5 | 4 | 2 | 30 | 1 | $3\vec{i}-2\vec{j}$ | 1,5 | 1,5 |
| **21** | 0,2 | 4 | 4 | 45 | 1 | $6\vec{i}-2\vec{j}$ | 1 | 3 |
| **22** | 0,4 | 3 | 2 | 0 | 2 | $4\vec{i}+6\vec{j}$ | 1,5 | 2,5 |
| **23** | 1 | 3 | 8 | 60 | 2 | $4\vec{i}+2\vec{j}$ | 1,2 | 1,5 |
| **24** | 0,5 | 8 | 3 | 30 | 2 | $6\vec{i}+7\vec{j}$ | 2 | 1,5 |
| **25** | 2 | 4 | 4 | 60 | 1 | $2\vec{i}-2\vec{j}$ | 3,5 | 4 |
| **26** | 1 | 3 | 5 | 50 | 2 | $4\vec{i}+6\vec{j}$ | 0,5 | 1,5 |
| **27** | 1,5 | 3 | 6 | 30 | 2 | $4\vec{i}+4\vec{j}$ | 2 | 2,5 |
| **28** | 2 | 5 | 3 | 90 | 2 | $6\vec{i}+7\vec{j}$ | 2 | 1,5 |
| **29** | 2 | 4 | 4 | 0 | 1 | $5\vec{i}-2\vec{j}$ | 1,5 | 2 |
| **30** | 1 | 3 | 2,5 | 70 | 2 | $4\vec{i}+6\vec{j}$ | 1 | 1 |

## Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси *AS* с углом наклона $\beta = 30^\circ$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

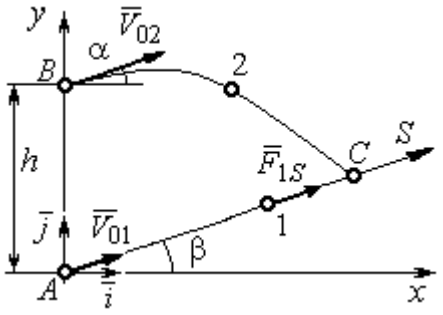


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения *B* на оси *y* высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, Н. Определить величину и направление (угол $\alpha$) начальной скорости $V_{02}$ точки 2, чтобы в момент времени $t_1$, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси *AS* в точке *C*.

*Решение*

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна $F_{1S}$ (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с$^2$, дифференциальное уравнение движения точки 1

приводится к виду: $\frac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. Разделим переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\frac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1t + C_2$. Константы интегрирования $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси $AS$ описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

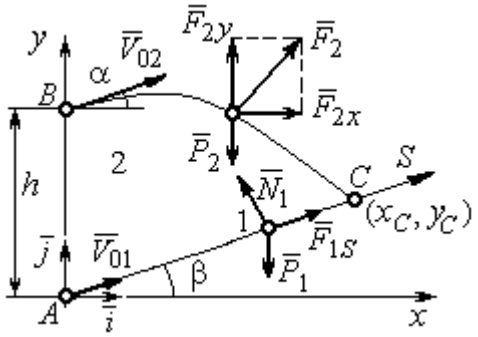


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени $t_1$, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние $AC$, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с, $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи $x_C$, $y_C$ определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, проекции которой на оси координат $F_{2x} = 2{,}4$ Н, $F_{2y} = 4{,}5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат *x*, *y* имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4\,, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5\,,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2\,, \quad \ddot{y} = -6{,}06\,.$

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось *x* как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \dfrac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось *x* на производную от координаты $V_{2x} = \dfrac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси *x*, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные $C_3$ и $C_4$, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси $x$: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси *y* находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\dfrac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось *y* от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось *y* производной от координаты $V_{2y} = \dfrac{dy}{dt}$, вто-

рично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси $y$ описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 + C_5 t + C_6$. Для определения констант $C_5$ и $C_6$ используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C$ =1,12 м. Получим $C_6 = 1$, $C_5 = 2{,}43$. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси $y$ по закону: $y = -3{,}03t^2 + 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1{,}85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t + 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{{V_{02x}}^2 + {V_{02y}}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

### 4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta\ell$, где $c$ – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой $m$ вдоль оси О$x$ под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где $x$ – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало

координат; $\omega$ – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, где $\mu$ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где $n$ – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$; $\omega$ – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где $C_1$ и $C_2$ – постоянные интегрирования; $\omega_1$ – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$;

$A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; $\alpha$ – начальная фаза колебаний, $\text{tg}\alpha = \dfrac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где $H$, $p$ – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; $h$ – относительная амплитуда возмущающей силы, $h = \dfrac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$

определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}$. При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где $a$, $p$ – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где $\omega$ – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; $h$ – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

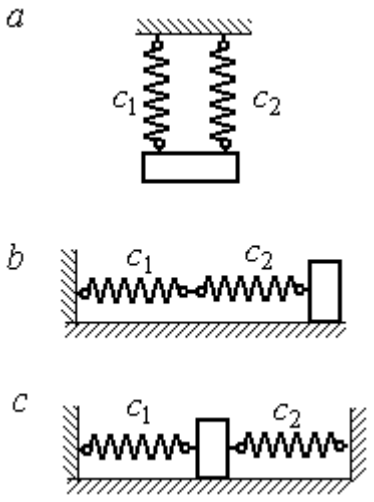



Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
*a* – две параллельные пружины;
*b* – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости $c_1$ и $c_2$ (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалент-

ной жесткости $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$, где $c_{\text{экв}}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{\text{экв}} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

### 4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

**Задача 1.** Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой $m_1$ (или одновременно двух грузов массой $m_1$ и $m_2$) на пружине жесткостью $c_1$ (или на двух пружинах жесткостью $c_1$ и $c_2$). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

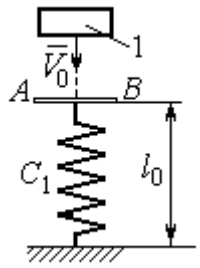
**Задача 2.** Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин $c_1$ и $c_2$. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $\vec{R} = -\mu \vec{V}$ Н, где $\mu$ – коэффициент сопротивления; $V$ – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

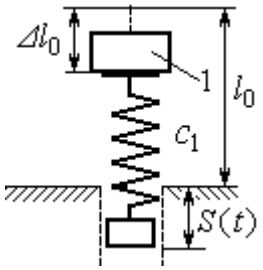
**Варианты № 1, 11, 21**

Задача 1




Невесомая пластина $AB$ укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость $V_0$, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

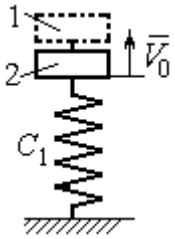
Задача 2




К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

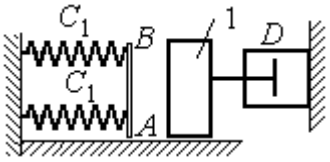
**Варианты № 2, 12, 22**

Задача 1




В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость $V_0$, направленную вверх

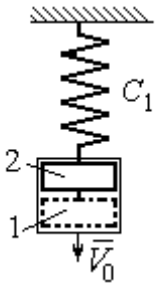
Задача 2




Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью $V_0$. Через 1 с груз упирается в площадку $AB$, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку $AB$ и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером $D$

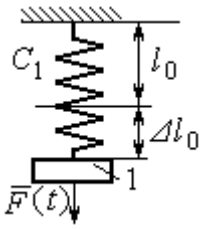
**Варианты № 3, 13, 23**

Задача 1




В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью $V_0$

Задача 2

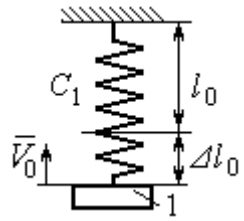



Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

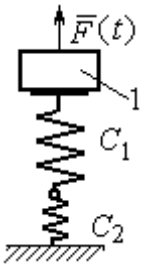
**Варианты № 4, 14, 24**

Задача 1




К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость $V_0$, направленную вверх

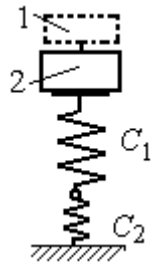
Задача 2




Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость $V_0$, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

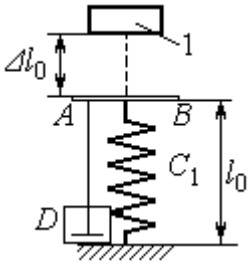
**Варианты № 5, 15, 25**

Задача 1




В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

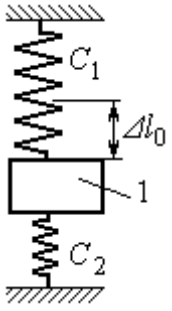
Задача 2




Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку $AB$, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер $D$ создаёт сопротивление движению груза на пружине

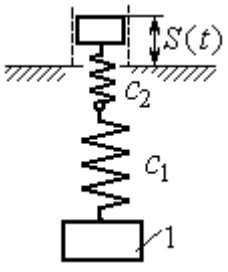
**Варианты № 6, 16, 26**

Задача 1




Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

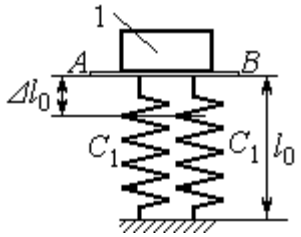



К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью $V_0$. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

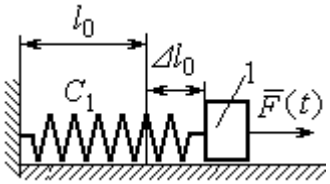
**Варианты № 7, 17, 27**

Задача 1




К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость $V_0$, направленную вниз

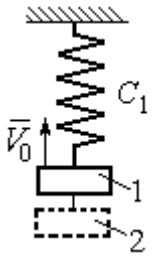
Задача 2




К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

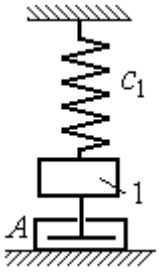
**Варианты № 8, 18, 28**

Задача 1




Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость $V_0$, направленную вверх

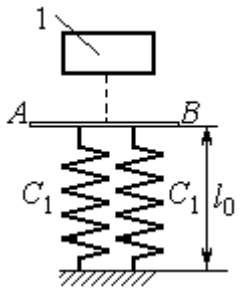
Задача 2




В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость $V_0$, направленную вниз. Демпфер $A$ создаёт сопротивление движению груза

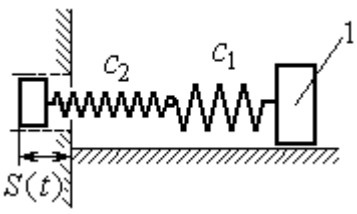
**Варианты № 9, 19, 29**

Задача 1




Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины $AB$, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



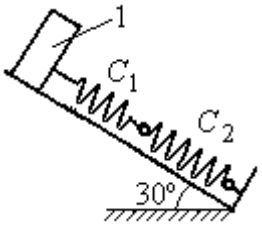

К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость $V_0$, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

*Окончание вариантов задания Д2*

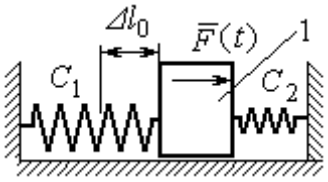
**Варианты № 10, 20, 30**

Задача 1




В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых пружинах, сообщили скорость $V_0$, направленную вниз по наклонной плоскости

Задача 2




Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

**Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки**

| Номер варианта задания | Номер задачи | $m_1$, кг | $m_2$, кг | $V_0$, м/с | $c_1$, Н/м | $c_2$, Н/м | $\Delta\ell_0$, м | μ, Н·с/м | $F(t)$, Н | $S(t)$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 2,5 | – | 2,0 | 200 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | – | 210 | – | 0,1 | – | – | 0,02sin12$t$ |
| **2** | 1 | 1,5 | 2,0 | 4 | 250 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | 4 | 220 | – | – | 1,0 | – | – |
| **3** | 1 | 2,0 | 1,5 | 3 | 250 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,2 | – | – | 200 | – | 0,14 | – | 12sin5$t$ | – |
| **4** | 1 | 2,0 | – | 3 | 180 | – | 0,1 | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | 2 | 150 | 120 | – | – | 8sin12$t$ | – |
| **5** | 1 | 1,0 | 2,0 | – | 120 | 100 | – | – | – | – |
| | 2 | 1,0 | – | – | 50 | – | 0,5 | 18 | – | – |
| **6** | 1 | 1,2 | – | – | 120 | 180 | 0,12 | – | – | – |
| | 2 | 1,4 | – | 2,4 | 120 | 180 | – | – | – | 0,03sin14$t$ |
| **7** | 1 | 1,6 | – | 3,2 | 140 | – | 0,15 | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | – | 120 | – | 0,12 | – | 12sin6$t$ | – |
| **8** | 1 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 150 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | 3,5 | 120 | – | – | 15 | – | – |

*Продолжение табл. 4.2*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $m_1$, кг | $m_2$, кг | $V_0$, м/с | $c_1$, Н/м | $c_2$, Н/м | $\Delta\ell_0$, м | μ, Н·с/м | $F(t)$, Н | $S(t)$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **9** | 1 | 1,5 | – | – | 100 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,4 | – | 2,0 | 100 | 110 | – | – | – | 0,015sin8$t$ |
| **10** | 1 | 2,5 | – | 2,5 | 110 | 100 | – | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | – | 110 | 52 | 0,08 | – | 5sin9$t$ | – |
| **11** | 1 | 2,0 | – | 4,0 | 300 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,0 | – | – | 200 | – | 0,12 | – | – | 0,01sin4$t$ |
| **12** | 1 | 1,8 | 2,4 | 4 | 220 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,0 | – | 5 | 240 | – | – | 0,6 | – | – |
| **13** | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 200 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,8 | – | – | 180 | – | 0,08 | – | 10sin10$t$ | – |
| **14** | 1 | 2,0 | – | 2 | 200 | – | 0,12 | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | 2 | 150 | 120 | – | – | 10sin8$t$ | – |
| **15** | 1 | 1,5 | 2,0 | – | 120 | 250 | – | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | – | 120 | – | 0,4 | 4 | – | – |
| **16** | 1 | 2,0 | – | – | 150 | 75 | 0,1 | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | 2,5 | 150 | 75 | – | – | – | 0,01sin5$t$ |
| **17** | 1 | 1,5 | – | 2,1 | 160 | – | 0,11 | – | – | – |
| | 2 | 1,8 | – | – | 150 | – | 0,1 | – | 8sin12$t$ | – |
| **18** | 1 | 2,0 | 1,0 | 2,5 | 80 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | 2,5 | 50 | – | – | 21 | – | – |
| **19** | 1 | 1,6 | – | – | 120 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,2 | – | 2,0 | 85 | 120 | – | – | – | 0,015sin7$t$ |
| **20** | 1 | 2,0 | – | 2,0 | 90 | 100 | – | – | – | – |
| | 2 | 2,5 | – | – | 100 | 90 | 0,12 | – | 6sin10$t$ | – |
| **21** | 1 | 2,0 | – | 1,6 | 220 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 2,5 | – | – | 250 | – | 0,14 | – | – | 0,01sin10$t$ |
| **22** | 1 | 2,2 | 1,5 | 3 | 180 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | 4 | 280 | – | – | 0,8 | – | – |
| **23** | 1 | 2,2 | 1,2 | 2 | 220 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,6 | – | – | 200 | – | 0,12 | – | 5sin7$t$ | – |

*Окончание табл. 4.2*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $m_1$, кг | $m_2$, кг | $V_0$, м/с | $c_1$, Н/м | $c_2$, Н/м | $\Delta\ell_0$, м | μ, Н·с/м | $F(t)$, Н | $S(t)$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **24** | 1 | 1,6 | – | 2,4 | 160 | – | 0,13 | – | – | – |
| | 2 | 1,0 | – | 3 | 150 | 300 | – | – | 6sin10$t$ | – |
| **25** | 1 | 0,8 | 1,2 | – | 120 | 80 | – | – | – | – |
| | 2 | 0,8 | – | – | 180 | – | 0,4 | 12 | – | – |
| **26** | 1 | 1,4 | – | – | 100 | 120 | 0,15 | – | – | – |
| | 2 | 1,8 | – | 2,2 | 150 | 120 | – | – | – | 0,015sin8$t$ |
| **27** | 1 | 2 | – | 4,0 | 150 | – | 0,12 | – | – | – |
| | 2 | 2 | – | – | 162 | – | 0,13 | – | 5sin9$t$ | – |
| **28** | 1 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 140 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | 3,1 | 180 | – | – | 12 | – | – |
| **29** | 1 | 1,0 | – | – | 140 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 2,0 | – | 2,4 | 75 | 150 | – | – | – | 0,08sin5$t$ |
| **30** | 1 | 1,6 | – | 3 | 75 | 150 | – | – | – | – |
| | 2 | 1,5 | – | 3 | 80 | 70 | 0,15 | – | 8sin10$t$ | – |

## Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

**Задача 1.** Груз 1 весом $P$ = 20 Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30º, коэффициент жесткости пружины $c$ = 400 Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\Delta\ell_0$ = 0,1 м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

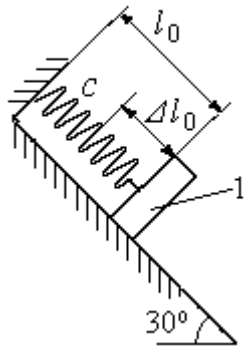


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

*Решение*

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11) В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены три силы: сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение *x* относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

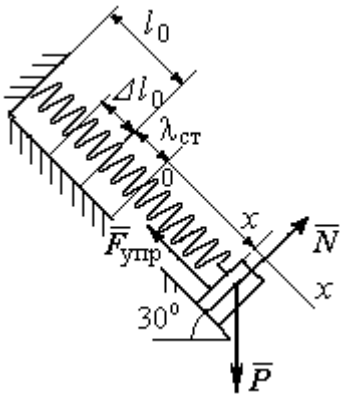


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось *x*: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где $\omega$ – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ вычислим координату $x_0$ начального положения груза на оси *Ox*.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c} = 0{,}025$ м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты $x$ выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

**Задача 2.** Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

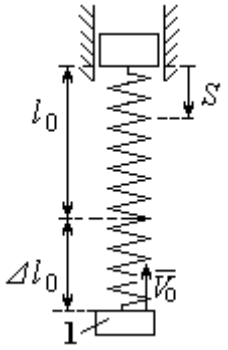


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

*Решение*

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

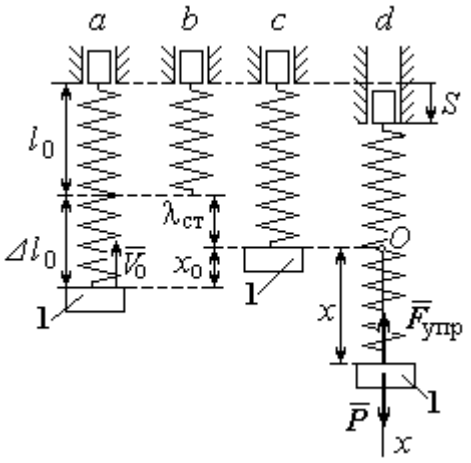



Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*

$$F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение *x* относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, $\omega$ = 19,81 рад/с; $h$ – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 7,85 м/с$^2$; $p$ – угловая частота вынужденных колебаний, $p$ = 10 рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt$.

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ вычислим координату $x_0$ начального положения груза на оси $Ox$. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c}$ = 0,02 м, тогда $x_0$ = 0,08 м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при $t$ = 0, получим: $C_1 = x_0$ = 0,08 м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1 \omega \sin\omega t + C_2 \omega \cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2} \cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось $Ox$ $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при $t$ = 0 $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)}$ = – 0,11 м. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ = 0,03 м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ = 0,14 м.

### 4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

**Работой** $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении $S_1$ точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол $\alpha$ острый, работа силы положительна. Если угол $\alpha$ тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

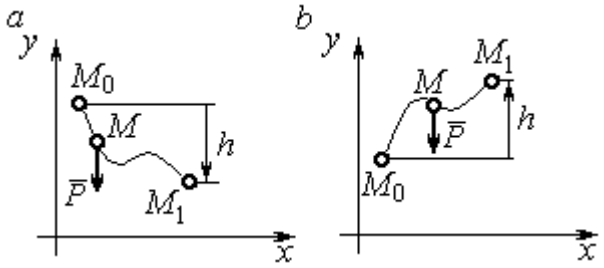



Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
*a* – перемещение точки сверху вниз;
*b* – перемещение точки снизу вверх

**Работа силы тяжести** материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения $M_0$ в положение $M_1$ равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где $P$ – величина силы тяжести точки; $h$ – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

**Работа силы упругости пружины** на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние $h$ определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где $c$ – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

**Кинетической энергией материальной точки** называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, где $m$ – масса точки; $V$ – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где $V_0$,

$V_1$ – скорость точки в начальном положении $M_0$ и в положении $M_1$; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения $M_0$ в положение $M_1$.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат; $\rho$ – радиус кривизны траектории точки.

### 4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

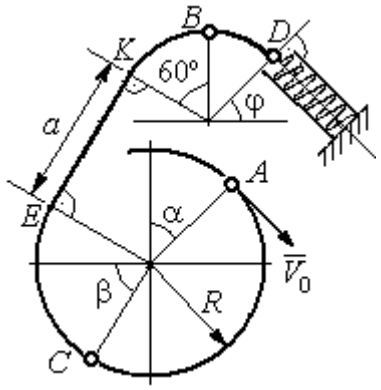
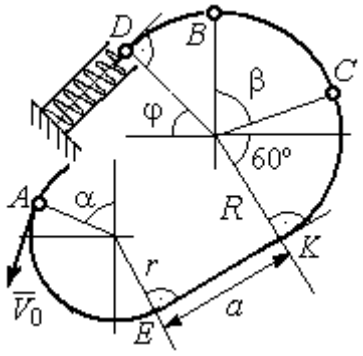
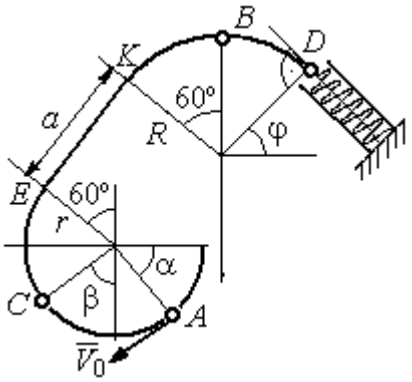
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой *m* расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами *r* и *R* = 2*r*, соединённых прямолинейным отрезком *ЕК*, сопряжённым с дугами окружностей в точках *Е* и *К*. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка *ЕК* = *a*.

В точке *А*, положение которой на дуге окружности определяется углом $\alpha$, шарику сообщают начальную скорость $V_0$. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку *ЕК* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f*. На участках с вертикальным отрезком *ЕК* считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки *D*, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью *c* и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки *D* определяется углом $\varphi$.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку *B* со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом $\beta$.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** | **Варианты № 3, 13, 23** |
|---|---|---|
|  |  |  |

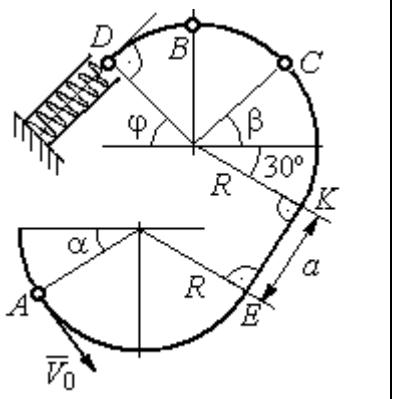
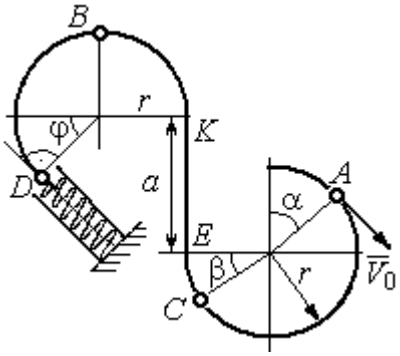
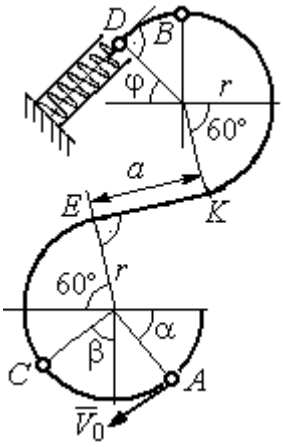
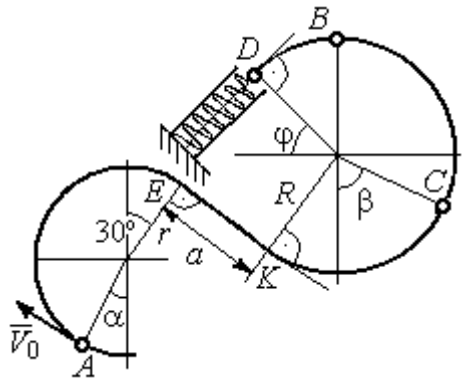
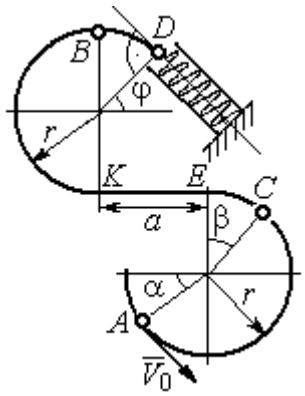
| **Варианты № 4, 14, 24** | **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|---|
|  |  |  |

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

*Окончание вариантов задания Д3*

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

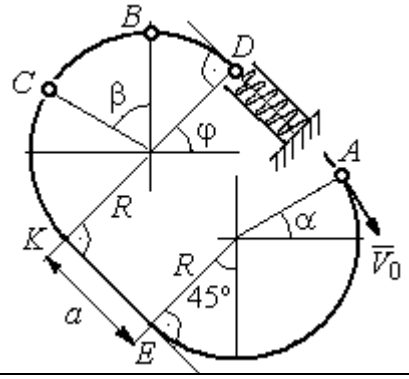
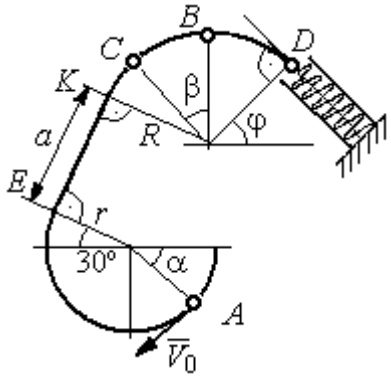
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

**Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

| Номер варианта задания | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m$, кг | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 1,0 |
| $\alpha$, град | 30 | 45 | 0 | 30 | 30 | 0 | 0 | 45 | 30 | 0 | 60 | 30 | 30 | 45 | 60 |
| $\beta$ , град | 60 | 30 | 60 | 0 | 60 | 30 | 60 | 60 | 30 | 45 | 30 | 60 | 60 | 30 | 30 |
| $\varphi$, град | 0 | 60 | 30 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 30 | 45 | 30 | 30 | 0 | 30 | 45 |
| $r$, м | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,8 |
| $a$, м | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 1,4 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,6 |
| $f$ | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |
| $k$ | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| $c$, Н/м | 100 | 80 | 90 | 80 | 120 | 100 | 90 | 80 | 60 | 80 | 90 | 60 | 80 | 60 | 110 |

*Окончание табл. 4.3*

| Номер варианта задания | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m$, кг | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| $\alpha$, град | 60 | 30 | 0 | 45 | 60 | 90 | 90 | 60 | 60 | 90 | 30 | 60 | 60 | 45 | 90 |
| $\beta$ , град | 60 | 30 | 45 | 90 | 60 | 45 | 90 | 60 | 60 | 30 | 30 | 60 | 60 | 0 | 60 |
| $\varphi$, град | 45 | 60 | 60 | 60 | 30 | 90 | 0 | 90 | 45 | 60 | 60 | 90 | 30 | 60 | 0 |
| $r$, м | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| $a$, м | 0,4 | 1,2 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 1,5 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,5 |
| $f$ | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| $k$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| $c$, Н/м | 80 | 60 | 90 | 60 | 100 | 90 | 80 | 110 | 80 | 60 | 60 | 80 | 60 | 80 | 100 |

## Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках $E$ и $K$ с прямолинейным отрезком $EK$ длиной $a = 0{,}6$ м (рис. 4.17). Радиусы окружностей $R = 1$ м и $r = 0{,}5$ м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках $E$ и $K$, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой $m = 0{,}5$ кг. В точке $A$, положение которой на дуге радиуса $R$ определяется углом $\alpha = 60°$ (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость $V_0$, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой $EK$ на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения $f = 0{,}2$. Достигнув точки $D$ на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью $c = 100$ Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку $B$) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при $k = 0{,}3$. При

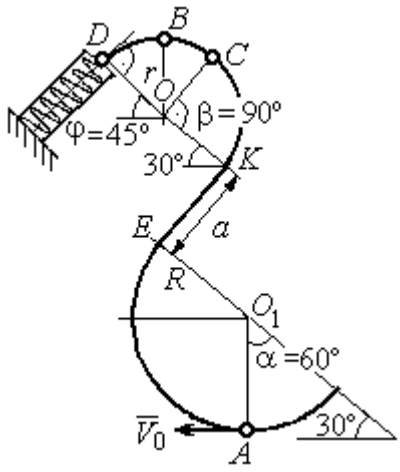


Рис. 4.17. Схема движения шарика

найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом $\beta = 90°$.

*Решение*

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения *A* в наивысшее положение – точку *B*.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой *EK* на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (рис. 4.18, *b*). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

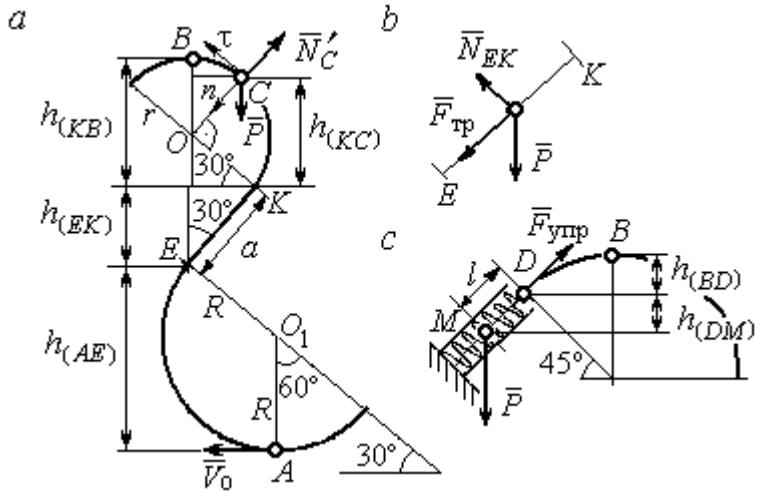



Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек *A* и *B* на траектории; $V_A$ – начальная скорость шарика в точке *A*, $V_A = V_0$; $V_B$ – его скорость в точке *B*, $V_B = 0{,}3V_0$.

Для вычисления перепада высот точек *A* и *B* имеем выражение (рис. 4.18, *a*):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} = R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ + r(1+\sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *A* в положение *B*, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$,

$A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения *AB* и силы трения на отрезке *EK*. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, *a*, *b*).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения *A* в конечное положение *B* принимает вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\,mg\left[(R+r)(1+\sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)\right]$.

После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: $V_0 = 7{,}81$ м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке *C*.

Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль $Cn$ (рис. 4.18, *a*). Уравнение движения шарика в точке *C* в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N'_C$, где $V_C$ – скорость шарика в точке *C*, $N'_C$ – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *a* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся тем, что скорость шарика в точке *B* уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения *C* в конечное положение *B*. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $V_C$, $V_B$ – значения скорости шарика в точках *C* и *B*; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек *C* и *B*; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *a*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0 = 2{,}34$ м/с, найдём $V_C = 3{,}22$ м/с.

Реакция опоры шарика: $N'_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} = -6{,}12$ Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции $\vec{N}'_C$ в точке $C$ (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке $C$ равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки *B* до положения максимально сжатой пружины – точки *M*. Движение на этом участке происходит по дуге окружности *BD* и по прямой *DM*. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *B* в *M* получим: $\dfrac{mV_M^2}{2} - \dfrac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где $V_M$, $V_B$ – скорость шарика в точках *M* и *B*. Работа силы тяжести $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} =$ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке *DM* длиной *l*: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\dfrac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке *M* скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\dfrac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \dfrac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке *B* найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

# 5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

## 5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

**Поступательное движение твердого тела** описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где $m$ – масса тела; $x_C, y_C, z_C$ – координаты центра масс тела; $F^e_{kx}$, $F^e_{ky}$, $F^e_{kz}$ – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

**Вращательное движение твердого тела** относительно неподвижной оси $z$ описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где $\omega$ – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; $\varphi$ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси $z$; $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где $\varepsilon$ – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

**Плоскопараллельное движение твердого тела** описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где $a_{Cx}$, $a_{Cy}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; $F^e_{kx}$,

$F_{ky}^{e}$ – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

### 5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

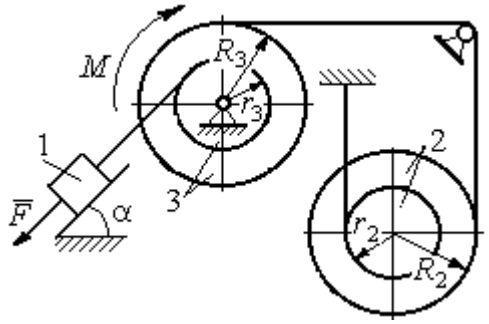
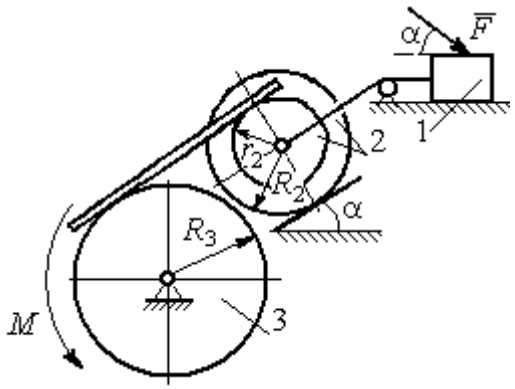
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

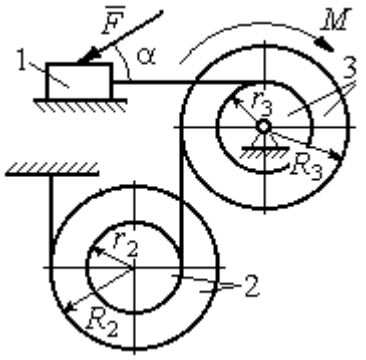
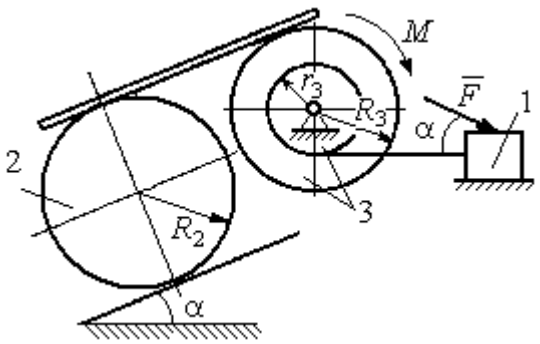
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены $R_2$, $r_2$ и $R_3$, $r_3$.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны $i_{z2}$, $i_{z3}$.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

| Варианты № 1, 11, 21 | Варианты № 2, 12, 22 |
|---|---|
|  |  |

| Варианты № 3, 13, 23 | Варианты № 4, 14, 24 |
|---|---|
|  |  |

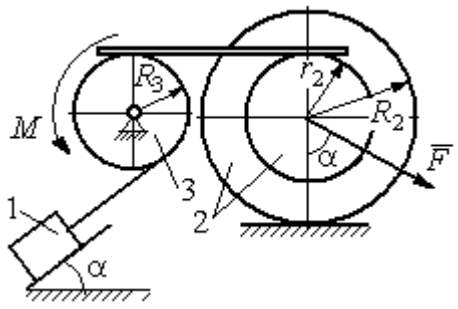
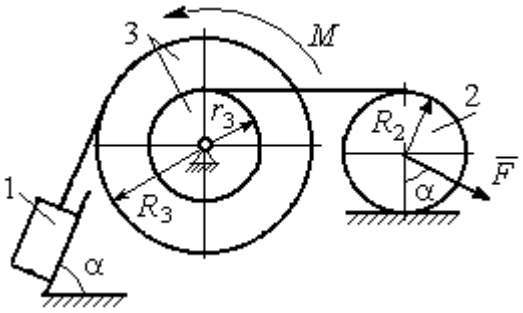
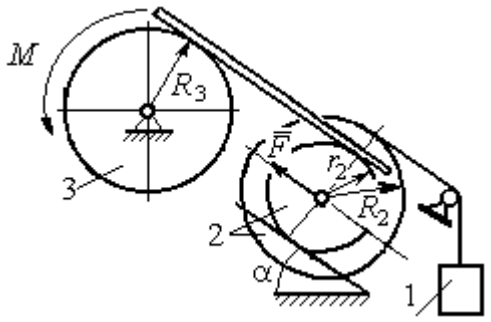
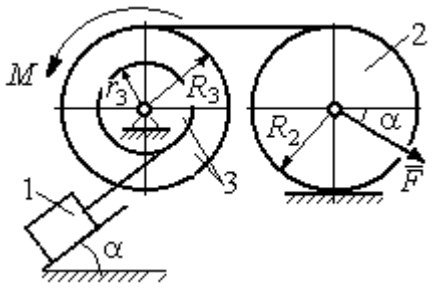
| Варианты № 5, 15, 25 | Варианты № 6, 16, 26 |
|---|---|
|  |  |

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

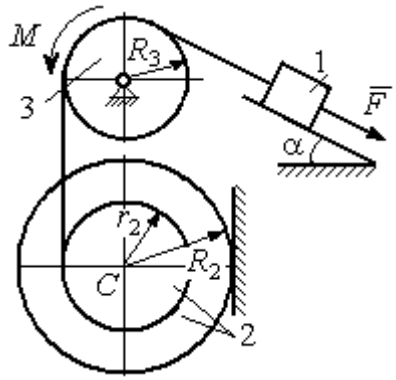
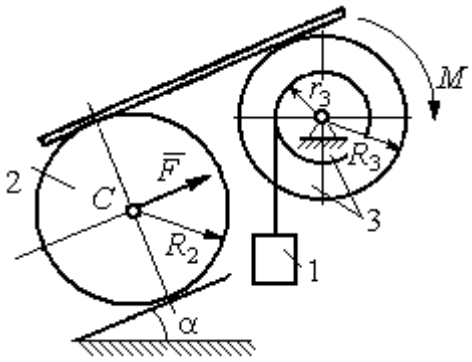
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

**Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы**

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $P_3$, Н | $F$, Н | $M$, Н·м | $\alpha$, град | $R_2$, м | $r_2$, м | $R_3$, м | $r_3$, м | $i_{z2}$, м | $i_{z3}$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | $P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $2Pr$ | 60 | $3r$ | $r$ | $2r$ | $r$ | $2r$ | $r\sqrt{2}$ |
| **2** | $3P$ | $P$ | $3P$ | $3P$ | $Pr$ | 30 | $2r$ | $r$ | $2r$ | – | $2r$ | – |
| **3** | $4P$ | $3P$ | $4P$ | $2P$ | $2Pr$ | 60 | $2r$ | $r$ | $2r$ | $r$ | $2r$ | $2r$ |
| **4** | $2P$ | $2P$ | $4P$ | $P$ | $4Pr$ | 45 | $3r$ | – | $3r$ | $r$ | – | $r\sqrt{2}$ |
| **5** | $P$ | $3P$ | $3P$ | $2P$ | $3Pr$ | 30 | $3r$ | $r$ | $r$ | – | $2r$ | – |
| **6** | $P$ | $2P$ | $4P$ | $4P$ | $6Pr$ | 60 | $3r$ | – | $3r$ | $r$ | – | $r\sqrt{2}$ |
| **7** | $P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $3Pr$ | 45 | $3r$ | $r$ | $r$ | - | $r\sqrt{3}$ | – |

*Окончание табл. 5.1*

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $P_3$, Н | $F$, Н | $M$, Н·м | $\alpha$, град | $R_2$, м | $r_2$, м | $R_3$, м | $r_3$, м | $i_{z2}$, м | $i_{z3}$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | $2P$ | $3P$ | $3P$ | $P$ | $3Pr$ | 30 | $2r$ | – | $2r$ | $r$ | – | $r\sqrt{3}$ |
| **9** | $3P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $2Pr$ | 30 | $2r$ | $r$ | $2r$ | – | $r\sqrt{2}$ | – |
| **10** | $P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $2Pr$ | 60 | $3r$ | – | $3r$ | $r$ | – | $r\sqrt{3}$ |
| **11** | $P$ | $P$ | $3P$ | $2P$ | $3Pr$ | 30 | $3r$ | $2r$ | $2r$ | $r$ | $r\sqrt{2}$ | $r\sqrt{2}$ |
| **12** | $2P$ | $P$ | $2P$ | $4P$ | $Pr$ | 60 | $3r$ | $r$ | $3r$ | – | $r\sqrt{3}$ | – |
| **13** | $3P$ | $P$ | $3P$ | $3P$ | $2Pr$ | 30 | $3r$ | $2r$ | $2r$ | $r$ | $2r$ | $r\sqrt{2}$ |
| **14** | $2P$ | $P$ | $3P$ | $2P$ | $4Pr$ | 60 | $2r$ | – | $3r$ | $2r$ | – | $2r$ |
| **15** | $P$ | $2P$ | $4P$ | $P$ | $4Pr$ | 45 | $3r$ | $2r$ | $2r$ | – | $r\sqrt{3}$ | – |
| **16** | $P$ | $3P$ | $4P$ | $2P$ | $3Pr$ | 30 | $2r$ | – | $2r$ | $r$ | – | $r\sqrt{2}$ |
| **17** | $P$ | $P$ | $3P$ | $2P$ | $6Pr$ | 60 | $3r$ | $r$ | $3r$ | - | $r\sqrt{3}$ | |
| **18** | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $3Pr$ | 60 | $2r$ | – | $3r$ | $r$ | – | $r\sqrt{2}$ |
| **19** | $2P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $4Pr$ | 30 | $3r$ | $r$ | $3r$ | – | $2r$ | – |
| **20** | $P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $2Pr$ | 45 | $2r$ | – | $2r$ | $r$ | – | $r\sqrt{3}$ |
| **21** | $2P$ | $P$ | $4P$ | $2P$ | $4Pr$ | 60 | $2r$ | $r$ | $3r$ | $r$ | $r\sqrt{2}$ | $2r$ |
| **22** | $P$ | $P$ | $2P$ | $5P$ | $2Pr$ | 45 | $3r$ | $2r$ | $2r$ | – | $2r$ | – |
| **23** | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $3P$ | $2Pr$ | 60 | $3r$ | $r$ | $2r$ | $r$ | $2r$ | $r\sqrt{2}$ |
| **24** | $4P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $3Pr$ | 30 | $2r$ | – | $3r$ | $r$ | – | $r\sqrt{3}$ |
| **25** | $P$ | $3P$ | $2P$ | $P$ | $2Pr$ | 60 | $3r$ | $r$ | $r$ | – | $r\sqrt{3}$ | – |
| **26** | $P$ | $3P$ | $4P$ | $3P$ | $3Pr$ | 45 | $2r$ | – | $3r$ | $2r$ | – | $r\sqrt{3}$ |
| **27** | $P$ | $P$ | $4P$ | $2P$ | $4Pr$ | 30 | $2r$ | $r$ | $2r$ | - | $r\sqrt{3}$ | |
| **28** | $2P$ | $3P$ | $3P$ | $P$ | $6Pr$ | 30 | $2r$ | – | $3r$ | $2r$ | – | $r\sqrt{2}$ |
| **29** | $2P$ | $P$ | $2P$ | $2P$ | $2Pr$ | 45 | $2r$ | $r$ | $r$ | – | $2r$ | – |
| **30** | $P$ | $P$ | $4P$ | $P$ | $4Pr$ | 60 | $3r$ | – | $3r$ | $2r$ | – | $2r$ |

## Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

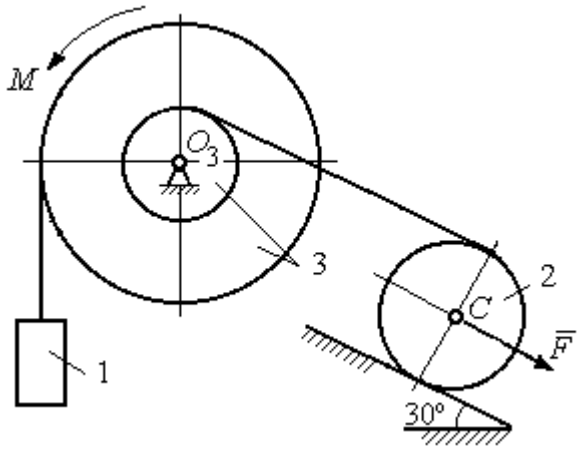



Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

*Решение*

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

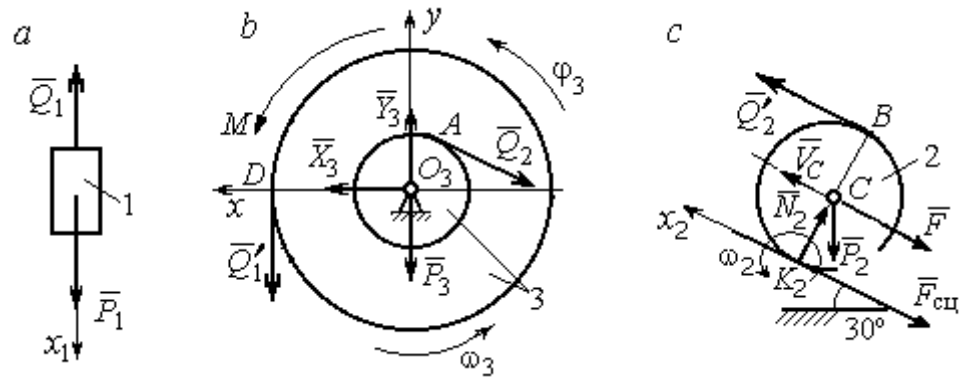



Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
*a* – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
*c* – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось $x_1$ в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось $x_1$ в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где $m_1$, $a_1$ – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси *z*, проходящей через его центр масс $O_3$, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой $\omega_3$.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где $J_{zO_3}$ – момент инерции блока 3 относительно оси *z*; $\varepsilon_3$ – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси $x_2$. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости $\omega_2$ (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через

центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где $m_2$ – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; $a_C$, $\varepsilon_2$ – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; $J_C$ – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{PR_2^2}{g} = \frac{4Pr^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна $V_C$, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где $CK_2$ – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка *B* катка 2 и точка *A* блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек *A* и *B*, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину $Q_1$, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \; \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \dfrac{10}{111} g$, $Q_2 = \dfrac{79}{37} P$. Величину натяжения нити $Q_1$ находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \dfrac{34}{37} P$.

Для вычисления динамической реакции $R_3$ оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси $x, y$ имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0,\ m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где $X_3$, $Y_3$, – проекции реакции $R_3$ оси вращающегося блока 3 на оси $x$, $y$ (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

### 5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

**Кинетическая энергия тела при поступательном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$ – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси $z$: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$; $\omega$ – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси $z$, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где $R$ – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где $i_z$ – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$, $\omega$ – скорость центра масс и угловая скорость тела; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

**Работа постоянной по модулю и направлению силы** $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении $S$ точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где $\alpha$ – угол между вектором силы и перемещением. Если угол $\alpha$ острый, работа

положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

**Работа пары сил с постоянным моментом** $M$ при повороте тела на конечный угол $\varphi$: $A = \pm M\varphi$, где $\varphi$ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

**Мощностью силы** $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V\cos\alpha$, где $V$ – скорость точки приложения силы; $\alpha$ – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm F h_O \omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; $h_O$ – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса *O*.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме.** Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где $T$ – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении**. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где $T$, $T_0$ – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сум-

ма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

## 5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

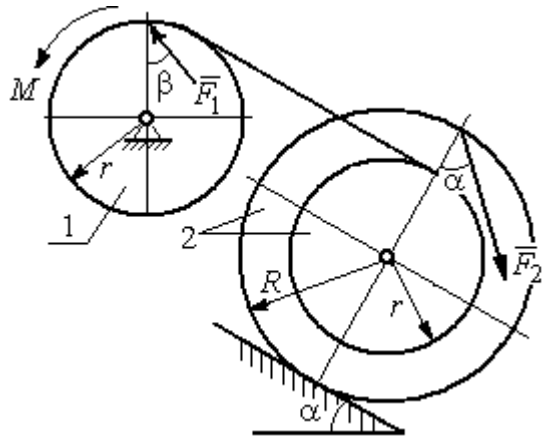
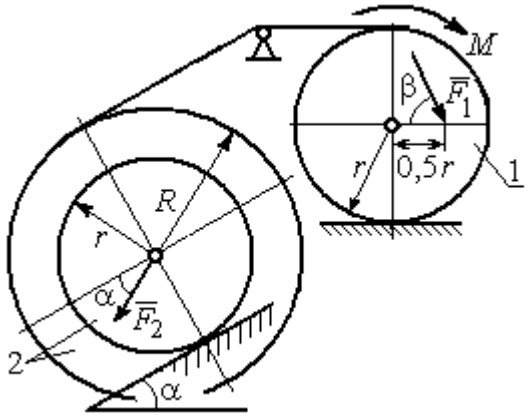
Вес дисков $P_1$ и $P_2$. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом *M*. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами $\alpha$ или $\beta$, показанными на схемах механизмов.

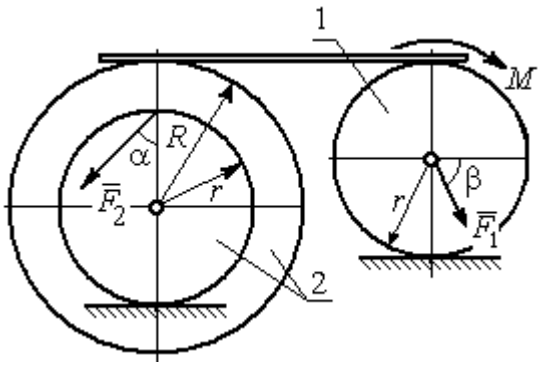
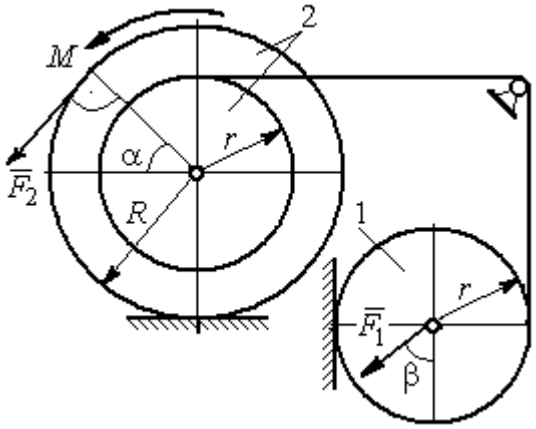
Радиус однородного диска *r*. Радиусы ступеней ступенчатого диска *R* и *r*. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен $i_z$.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

| Варианты № 1, 11, 21 | Варианты № 2, 12, 22 |
|---|---|
|  |  |

| Варианты № 3, 13, 23 | Варианты № 4, 14, 24 |
|---|---|
|  |  |

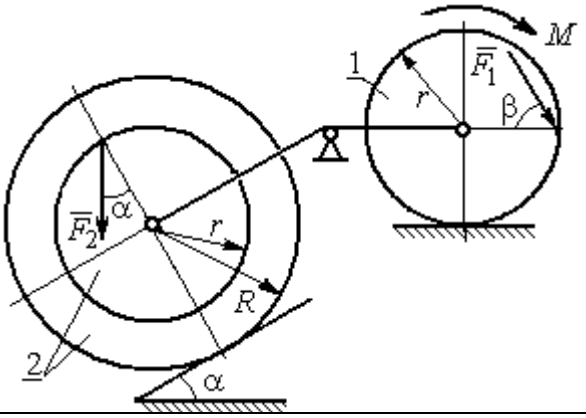
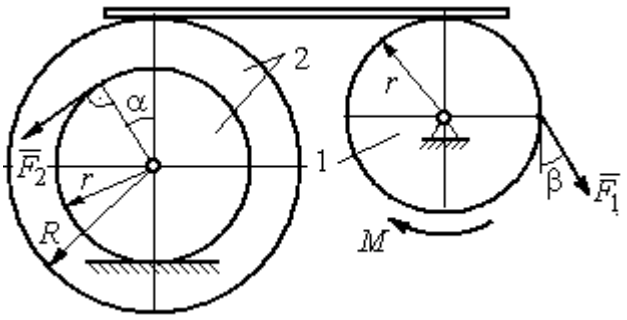
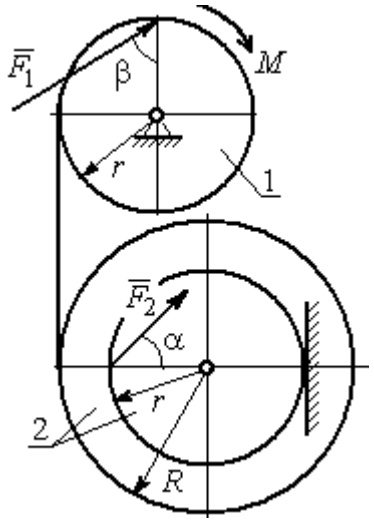
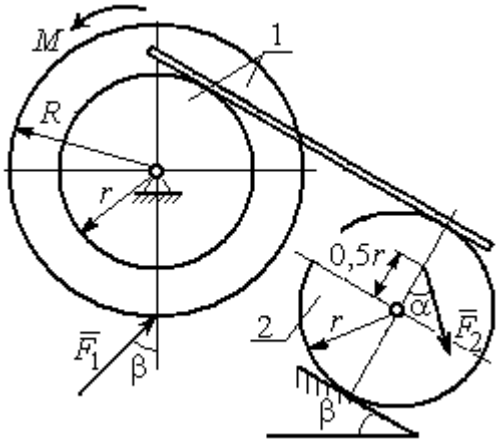
| Вариант № 5, 15, 25 | Варианты № 6, 16, 26 |
|---|---|
|  |  |

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

*Окончание вариантов задания Д5*

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

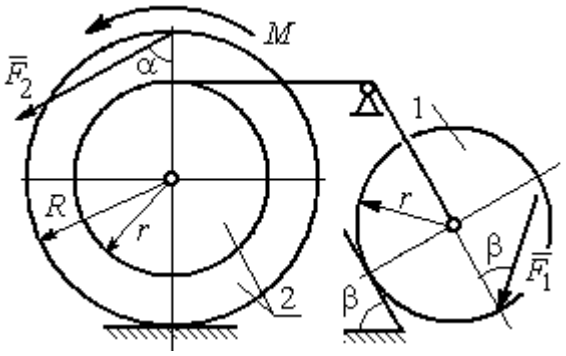
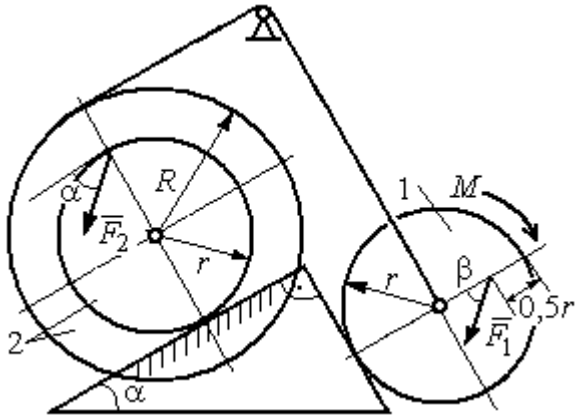
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

**Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $F_1$, Н | $F_2$, Н | $M$, Н·м | $\alpha$, град | $\beta$, град | $R$, м | $r$, м | $i_z$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 10 | 20 | 15 | 20 | 25 | 30 | 60 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| **2** | 20 | 30 | 10 | 20 | 20 | 60 | 30 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |
| **3** | 10 | 15 | 12 | 20 | 25 | 60 | 60 | 1,2 | 0,6 | 0,8 |
| **4** | 12 | 25 | 20 | 25 | 35 | 30 | 30 | 1,5 | 0,5 | 1,2 |

*Окончание табл. 5.2*

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $F_1$, Н | $F_2$, Н | $M$, Н·м | $\alpha$, град | $\beta$, град | $R$, м | $r$, м | $i_z$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 15 | 20 | 10 | 20 | 30 | 60 | 30 | 0,8 | 0,4 | 0,7 |
| **6** | 18 | 20 | 18 | 22 | 22 | 45 | 60 | 1,2 | 0,4 | 0,9 |
| **7** | 15 | 25 | 10 | 8 | 20 | 45 | 45 | 0,9 | 0,6 | 0,7 |
| **8** | 25 | 22 | 10 | 12 | 30 | 45 | 60 | 1,0 | 0,8 | 0,9 |
| **9** | 12 | 25 | 18 | 10 | 32 | 30 | 30 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **10** | 10 | 15 | 8 | 10 | 28 | 60 | 30 | 1,4 | 0,7 | 1,2 |
| **11** | 15 | 22 | 20 | 25 | 30 | 60 | 45 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| **12** | 20 | 25 | 15 | 40 | 30 | 30 | 60 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **13** | 10 | 20 | 10 | 25 | 30 | 45 | 30 | 1,0 | 0,5 | 0,9 |
| **14** | 12 | 15 | 18 | 15 | 25 | 30 | 30 | 0,9 | 0,3 | 0,8 |
| **15** | 20 | 25 | 20 | 20 | 30 | 45 | 60 | 1,0 | 0,5 | 0,8 |
| **16** | 10 | 15 | 10 | 15 | 16 | 60 | 45 | 1,2 | 0,4 | 1,1 |
| **17** | 18 | 25 | 12 | 10 | 30 | 30 | 30 | 1,5 | 0,9 | 1,3 |
| **18** | 25 | 20 | 10 | 15 | 20 | 60 | 60 | 0,8 | 0,5 | 0,7 |
| **19** | 12 | 25 | 10 | 10 | 32 | 60 | 60 | 1,2 | 0,9 | 1,1 |
| **20** | 15 | 20 | 8 | 20 | 25 | 30 | 45 | 0,8 | 0,4 | 0,7 |
| **21** | 10 | 25 | 25 | 15 | 30 | 45 | 30 | 0,7 | 0,5 | 0,6 |
| **22** | 18 | 20 | 20 | 20 | 35 | 60 | 45 | 1,4 | 0,7 | 0,9 |
| **23** | 10 | 15 | 10 | 30 | 30 | 30 | 30 | 1,4 | 0,7 | 0,8 |
| **24** | 10 | 15 | 12 | 20 | 20 | 30 | 30 | 1,2 | 0,4 | 0,8 |
| **25** | 12 | 18 | 20 | 18 | 30 | 60 | 30 | 1,2 | 0,6 | 1,1 |
| **26** | 10 | 12 | 12 | 15 | 15 | 30 | 30 | 0,9 | 0,3 | 0,8 |
| **27** | 15 | 22 | 10 | 12 | 20 | 45 | 60 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **28** | 22 | 20 | 8 | 16 | 8 | 30 | 45 | 0,6 | 0,2 | 0,4 |
| **29** | 18 | 25 | 10 | 8 | 32 | 60 | 60 | 1,2 | 0,8 | 1,1 |
| **30** | 20 | 25 | 8 | 20 | 28 | 30 | 30 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |

## Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом $M$. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами $\alpha$ и $\beta$.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси $O_1$. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания.

Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

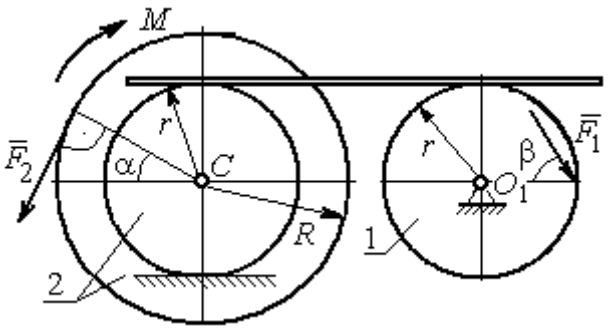



Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира $O_1$, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

*Решение*

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости $\omega_1$ и $\omega_2$ дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира $O_1$, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом $M$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

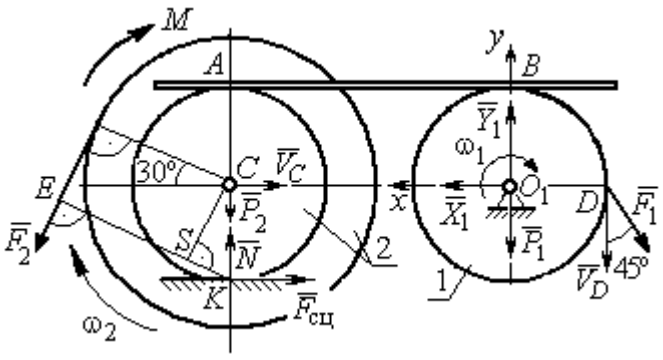



Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где $T$ – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где $\omega_1$ – угловая скорость диска 1; $J_{zO_1}$ – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где $V_C$, $\omega_2$ – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; $J_{zC}$ – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 5.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки *A* на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left( \frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left( \frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2 .$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[ \frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника $O_1$ равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки $C$ – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку $K$ – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра $K$; $\vec{\omega}_2$, $\omega_2$ – вектор и модуль угловой скорости диска 2; $h_K$ – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра $K$. Мощ-

ность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки $K$ противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы $F_2$ можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку $C$. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент $M$ направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке $D$, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с$^2$.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки *C* до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки *K* – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{r} = \frac{a_C}{r}$ = 11,42 рад/с$^2$. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с$^2$.

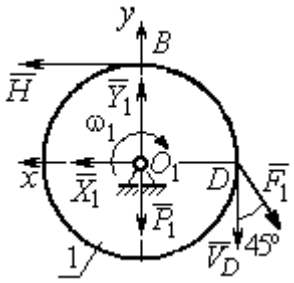



Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где $\varepsilon_1$ – угловое ускорение диска; $J_{zO_1}$ – момент инерции диска 1 относительно оси *z*, проходящей через точку $O_1$ перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси *z*.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси *z*: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\frac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 $\varepsilon_1$ = 22,84 рад/с$^2$, найдем реакцию стержня *H* = 28,63 Н.

Для определения динамической реакции шарнира $O_1$ диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат $O_1x$ и $O_1y$, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0, \quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

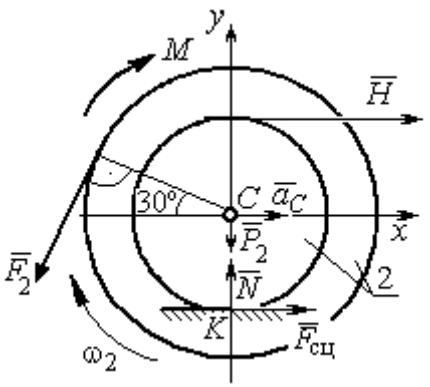


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат $xCy$ показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси $x, y$ имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2\cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2\cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с$^2$, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

# 6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

## 6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

**Силой инерции** материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где $m$ – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

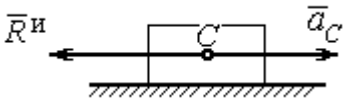


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$, равному по величине $R^{\text{и}} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси $z$, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$; $\varepsilon$ – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

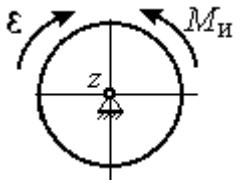


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением $\varepsilon$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{\text{и}}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси,

проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где $J_C$ – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

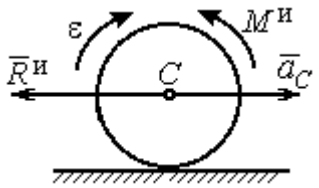


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

**Принцип Даламбера для системы**. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра *O*; $\vec{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра *O*.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

**Принцип возможных перемещений.** Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма

элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

**Общее уравнение динамики.** При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

## 6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом $R$ или $r$ и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом $R$ и $r$. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом $M$. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами $\alpha$ и $\beta$. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен $i_z$.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

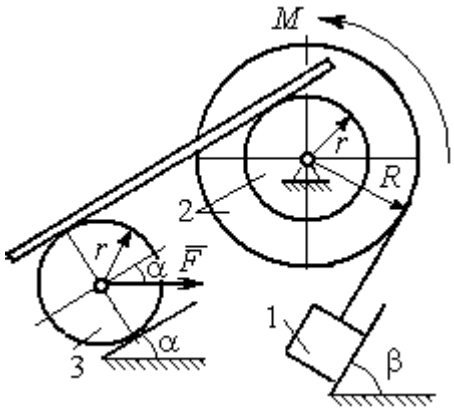
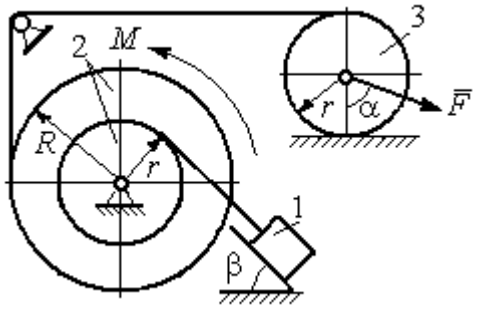
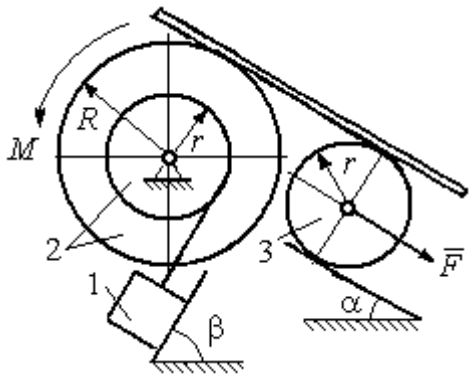
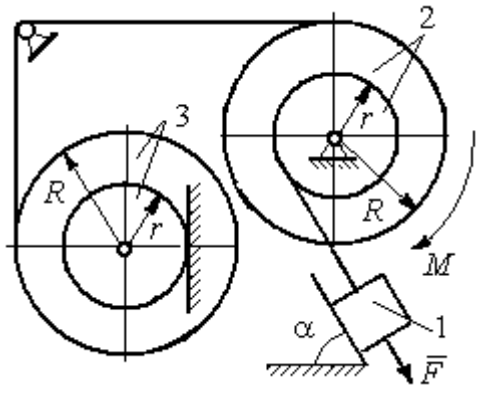
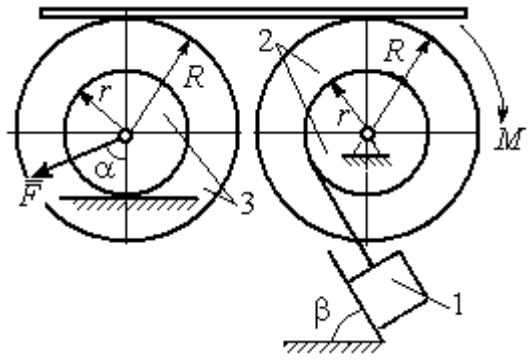
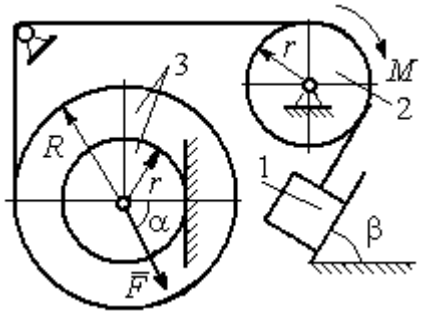
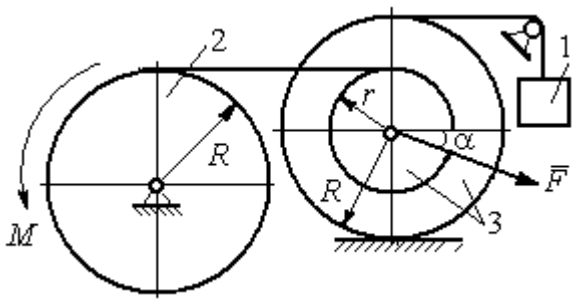
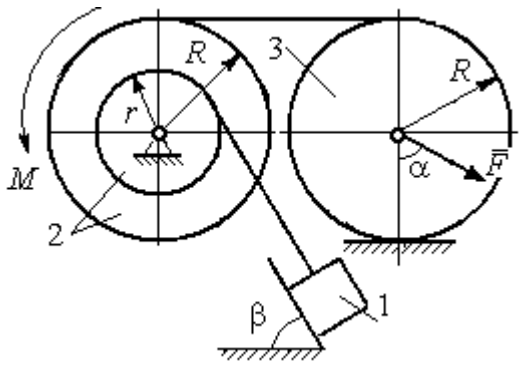
| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  |  |
| **Варианты 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|  |  |

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|
|  |  |

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

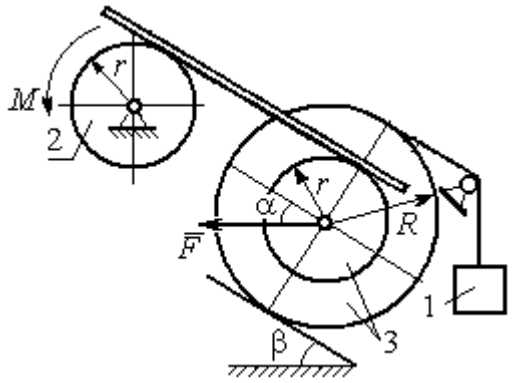
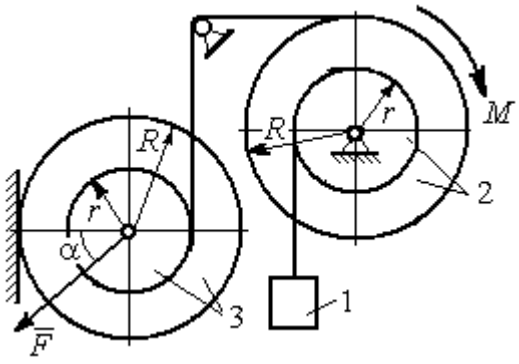
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики. Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

**Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики**

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $P_3$, Н | $F$, Н | $M$, Н·м | $\alpha$, град | $\beta$, град | $R$, м | $r$, м | $i_z$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 10 | 20 | 8 | 20 | $3(2+t^2)$ | 30 | 60 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |
| **2** | 10 | 22 | 15 | 15 | $4(t+3)$ | 30 | 30 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **3** | 5 | 18 | 10 | 6 | $8(t^2+1)$ | 90 | 30 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| **4** | 5 | 22 | 10 | 5 | $14(t^2+t+1)$ | 30 | – | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| **5** | 5 | 20 | 16 | 9 | $3(t^2+4)$ | 45 | 60 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |
| **6** | 10 | 16 | 14 | 15 | $4(5+t)$ | 60 | 30 | 1,0 | 0,6 | 0,8 |
| **7** | 6 | 20 | 20 | 8 | $9(3t^2+2)$ | 45 | – | 0,8 | 0,6 | 0,8 |
| **8** | 16 | 25 | 15 | 12 | $5(t^2+4)$ | 30 | 60 | 1,2 | 0,6 | 0,8 |
| **9** | 5 | 20 | 12 | 8 | $4(3+5t)$ | 60 | 30 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| **10** | 6 | 25 | 8 | 10 | $5(3t+6)$ | 30 | – | 1,0 | 0,8 | 0,9 |
| **11** | 4 | 22 | 8 | 15 | $2+ t^2$ | 45 | 45 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **12** | 15 | 18 | 15 | 10 | $5(t+3)$ | 30 | 60 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |
| **13** | 6 | 20 | 10 | 4 | $5(t^2+2)$ | 30 | 60 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| **14** | 10 | 25 | 15 | 8 | $16(t+2)$ | 60 | – | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **15** | 8 | 18 | 20 | 10 | $6(t+2)$ | 30 | 90 | 1,2 | 0,6 | 1,0 |
| **16** | 8 | 18 | 12 | 12 | $5(3+t^2)$ | 90 | 60 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **17** | 5 | 20 | 10 | 10 | $2t^2+20$ | 60 | – | 0,9 | 0,6 | 0,8 |
| **18** | 20 | 15 | 20 | 15 | $3(t+4)$ | 60 | 30 | 0,8 | 0,4 | 0,7 |
| **19** | 8 | 20 | 12 | 10 | $4(3+t)$ | 45 | 45 | 1,2 | 0,4 | 0,8 |
| **20** | 12 | 20 | 10 | 6 | $6(3t+4)$ | 45 | – | 1,0 | 0,6 | 0,9 |
| **21** | 15 | 25 | 12 | 12 | $6+t^2$ | 60 | 60 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |
| **22** | 20 | 22 | 18 | 15 | $2(2t+9)$ | 45 | 45 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **23** | 8 | 24 | 12 | 8 | $7(3t^2+2)$ | 30 | 45 | 0,8 | 0,5 | 0,6 |
| **24** | 12 | 20 | 18 | 10 | $6(t+4)$ | 90 | – | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| **25** | 5 | 20 | 12 | 12 | $9(2+t^2)$ | 60 | 30 | 1,4 | 0,7 | 1,2 |
| **26** | 10 | 12 | 10 | 8 | $6(2+t)$ | 30 | 45 | 1,2 | 0,8 | 0,9 |
| **27** | 6 | 18 | 16 | 14 | $8(2t^2+3)$ | 30 | – | 0,8 | 0,2 | 0,6 |
| **28** | 10 | 20 | 20 | 20 | $3(t^2+3)$ | 45 | 30 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |
| **29** | 10 | 18 | 8 | 12 | $5(4+t+ t^2)$ | 30 | 60 | 1,2 | 0,8 | 0,9 |
| **30** | 8 | 18 | 10 | 15 | $8(t^2+5)$ | 60 | – | 1,0 | 0,8 | 0,9 |

## Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилин-

дрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом $M$, приложенной к диску 3.

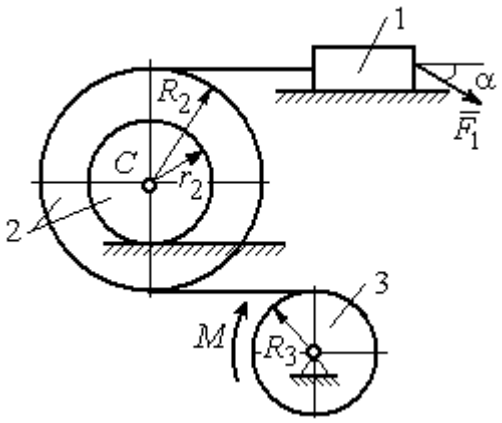


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент $t$ = 1 с, если: $P_1$ = 10 Н; $P_2$ = 20 Н; $P_3$ = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 6(1+2t)$ Н·м; $R_2$ = 0,8 м; $r_2$ = 0,2 м; $R_3$ = 0,4 м; $i_{2C}$ = 0,6 м.

*Решение*

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом $M$ (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 3. Обозначим $\omega_3$, $\varepsilon_3$ – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, $V_C$, $a_C$ – скорость и ускорение центра масс катка 2, $V_1$, $a_1$ – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где $m_1$ – масса груза 1; $a_1$ – величина ускорения груза 1.

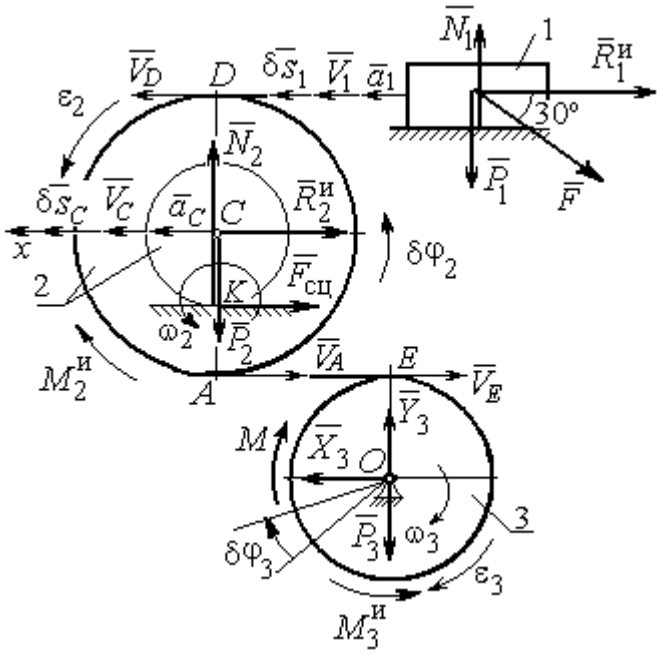



Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где $m_2$ – масса катка 2; $a_C$ – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, где $J_{2C}$ – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; $\varepsilon_2$ – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{\text{и}}$ в сторону, противоположную угловому ускорению $\varepsilon_2$.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой ра-

вен главному моменту сил инерции $\vec{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где $J_{3O}$ – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; $\varepsilon_3$ – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению $\varepsilon_3$. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость $V_C$ центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке *K* касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки *A* катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C \dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки *E* блока 3 равна скорости точки *A* катка 2, $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки *D* катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0, \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом $M$, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[ 6(1 + 2t)\left( \frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2} \right) - 5(t + 1)\left( \frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2} \right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения $a_C$ центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2g r_2}a_C,$$

где $J_{2C}$ – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; $i_{2C}$ – радиус инерции катка 2; $J_{3O}$ – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения $\delta s_C$ центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}}\delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}}\delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g}\left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2}\right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с$^2$.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось $x$ по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки $C$ на ось $x$, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом $M$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

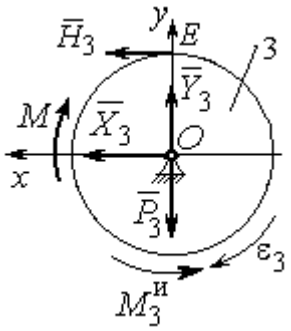



Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$. Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)a_C}{2gr_2} = \frac{6(1+2t)}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)}{2gr_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t$ = 1 с: $X_3 = -H_3$= – 41,04 Н, $Y_3 = P_3$= 15 Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира $X_3$ означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 43,69 Н.

## 6.3. Уравнения Лагранжа II рода

**Обобщенными координатами** механической системы называется совокупность любых $s$ независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$. Величина $Q_k$, равная коэффициенту при вариации $\delta q_k$ обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_S$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_S$ – обобщенные скорости; $s$ – число степеней свободы системы.

### 6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью $c$. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

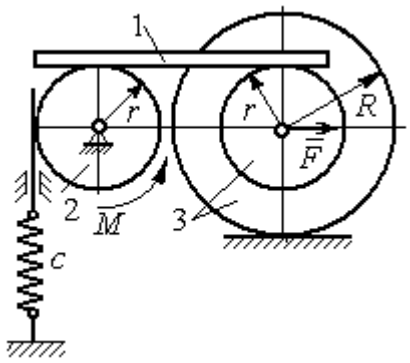
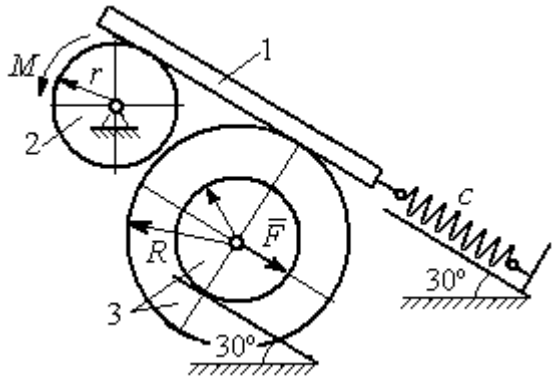
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

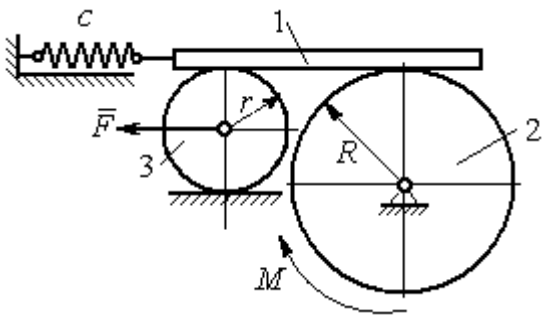
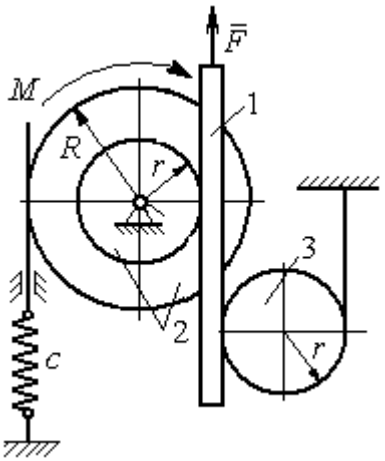
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен $i_z$.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом $M$.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_{20}$, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин $F$ или $M$ в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы $\vec{F}$ или момента $M$ на схеме следует изменить на противоположные.

| Варианты № 1, 11, 21 | Варианты № 2, 12, 22 |
|---|---|
|  |  |

| Варианты № 3, 13, 23 | Варианты № 4, 14, 24 |
|---|---|
|  |  |

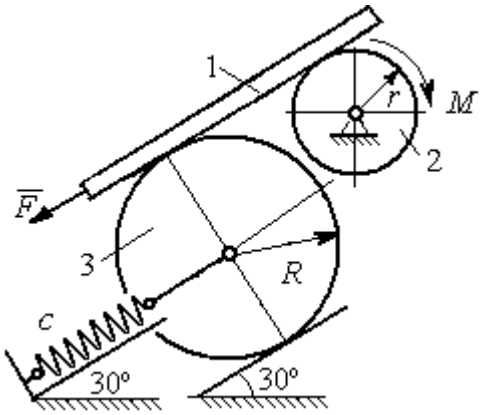
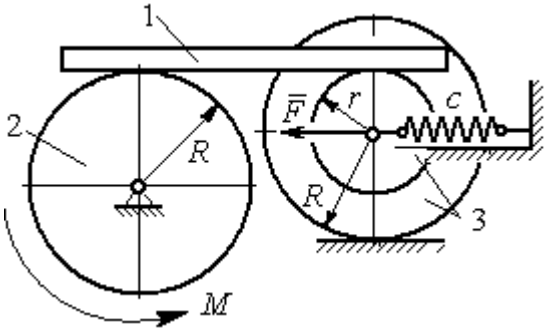
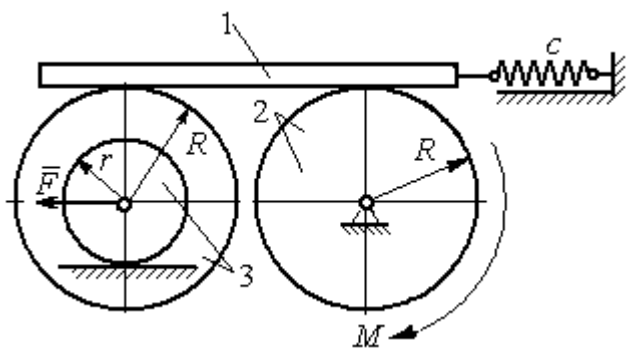
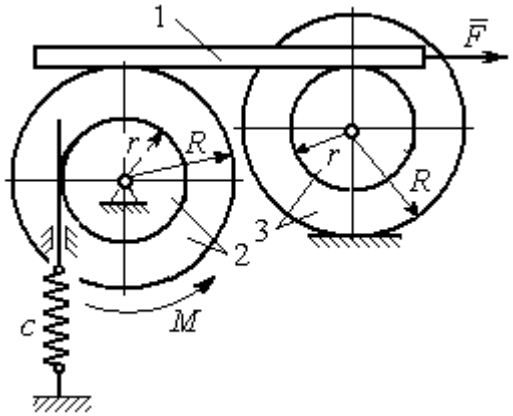
| Варианты № 5, 15, 25 | Варианты № 6, 16, 26 |
|---|---|
|  |  |

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

*Окончание вариантов задания Д 7*

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

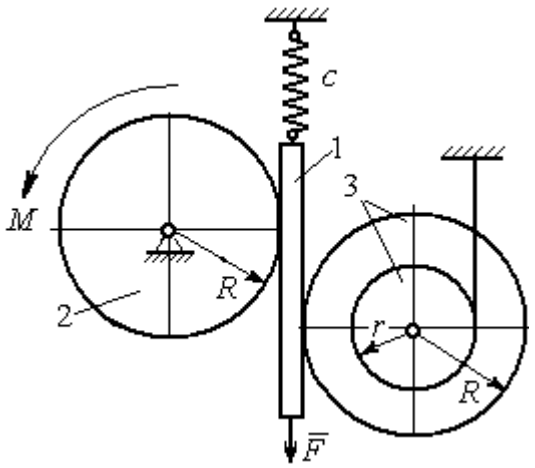
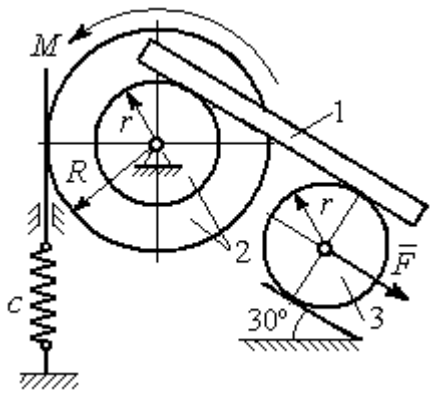
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

**Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа**

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $P_3$, Н | $F$, Н | $M$, Н·м | $c$, Н/м | $\omega_{20}$, рад/с | $R$, м | $r$, м | $i_z$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 8 | 12 | 18 | 15 | 3 | 50 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |
| **2** | 10 | 8 | 15 | 12 | 5 | 55 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,6 |
| **3** | 5 | 18 | 10 | 8 | 4 | 60 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | – |
| **4** | 5 | 20 | 12 | 10 | 6 | 70 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| **5** | 5 | 8 | 16 | 8 | 8 | 65 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | – |

*Окончание табл. 6.2*

| Номер варианта задания | $P_1$, Н | $P_2$, Н | $P_3$, Н | $F$, Н | $M$, Н·м | $c$, Н/м | $\omega_{20}$, рад/с | $R$, м | $r$, м | $i_z$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6** | 8 | 10 | 14 | 6 | 2 | 50 | 0,1 | 1,0 | 0,6 | 0,8 |
| **7** | 10 | 12 | 15 | 12 | 3 | 65 | 0,2 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **8** | 12 | 15 | 15 | 6 | 2 | 50 | 0,3 | 1,2 | 0,6 | 0,8 |
| **9** | 5 | 20 | 12 | 8 | 4 | 75 | 0,1 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| **10** | 6 | 25 | 8 | 5 | 12 | 60 | 0,4 | 1,0 | 0,8 | 0,9 |
| **11** | 4 | 10 | 12 | –10 | –2 | 60 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **12** | 5 | 8 | 15 | –8 | 3 | 50 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |
| **13** | 6 | 15 | 8 | –12 | –4 | 65 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | – |
| **14** | 10 | 25 | 10 | 6 | 10 | 55 | 0,1 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **15** | 8 | 6 | 20 | –10 | 2 | 70 | 0,2 | 1,2 | 0,6 | – |
| **16** | 10 | 12 | 12 | –5 | 6 | 60 | 0,3 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| **17** | 12 | 16 | 12 | –6 | –2 | 55 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,8 |
| **18** | 10 | 20 | 20 | 10 | 4 | 60 | 0,1 | 0,8 | 0,4 | 0,7 |
| **19** | 8 | 20 | 12 | –10 | 6 | 65 | 0,2 | 1,2 | 0,4 | 0,8 |
| **20** | 12 | 20 | 10 | –3 | 6 | 50 | 0,24 | 1,0 | 0,6 | 0,9 |
| **21** | 5 | 12 | 15 | 12 | –3 | 55 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,55 |
| **22** | 10 | 15 | 18 | 6 | –2 | 65 | 0,1 | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| **23** | 8 | 20 | 12 | –8 | 2 | 45 | 0,2 | 0,8 | 0,6 | – |
| **24** | 12 | 20 | 18 | –4 | –8 | 70 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| **25** | 6 | 10 | 15 | –6 | –2 | 60 | 0,1 | 1,4 | 0,7 | – |
| **26** | 8 | 12 | 10 | 10 | –3 | 65 | 0,2 | 1,2 | 0,8 | 0,9 |
| **27** | 6 | 18 | 16 | 5 | –3 | 70 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 0,6 |
| **28** | 8 | 12 | 12 | –6 | 2 | 65 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |
| **29** | 10 | 18 | 20 | –10 | 4 | 60 | 0,2 | 1,2 | 0,8 | 0,9 |
| **30** | 8 | 18 | 10 | 8 | 6 | 75 | 0,1 | 1,0 | 0,8 | 0,9 |

## Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью $c$. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска $R$ и $r$, радиус однородного диска $r$. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом $M$. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует.

Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_z$.

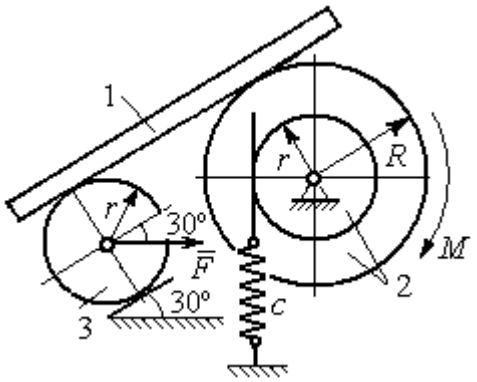


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P/r$ Н/м.

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты $q$ выберем перемещение $x$ верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной $l_0$ находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

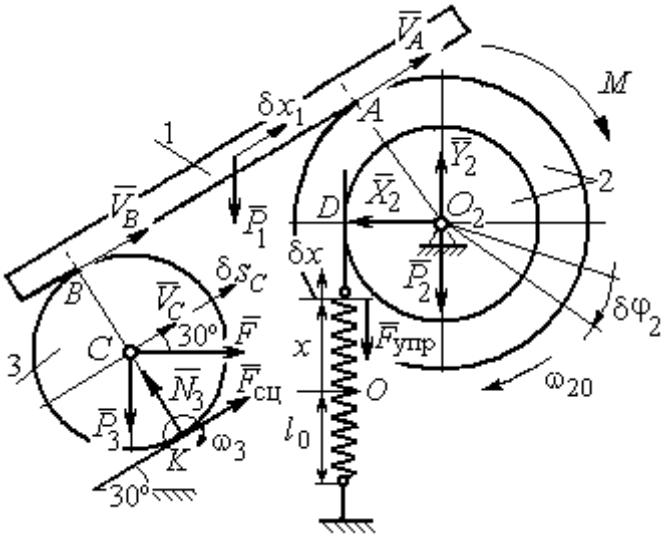


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \dfrac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где $T$ –

кинетическая энергия системы, $Q_x$ – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате *x*.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где $m_1$, $V_1$ – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где $\omega_2$ – угловая скорость блока, $J_{2z}$ – момент инерции блока 2 относительно оси *z*, $J_{2z} = m_2 i_z^2$.

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где $V_C$ – скорость центра масс катка 3; $J_{zC}$ – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; *r* – радиус катка; $\omega_3$ – угловая скорость катка.

Выразим скорость $V_1$ бруса 1, угловые скорости $\omega_2$, $\omega_3$ блока 2 и катка 3, а также скорость $V_C$ центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки *D* блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки *A* блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x} R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x} R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка *K* касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x} R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1=\frac{1}{2}m_1V_1^2=\frac{P}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{r}\right)^2=1{,}125\frac{P}{g}\dot{x}^2,\ \ T_2=\frac{1}{2}J_{2z}\omega_2^2=\ \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(r\sqrt{2}\right)^2\left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2=2\frac{P}{g}\dot{x}^2,$$

$$T_3=\frac{1}{2}m_3V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_3^2=\frac{1}{2}\frac{P}{g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2+\frac{1}{2}\frac{Pr^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2=0{,}422\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T=T_1+T_2+T_3=3{,}547\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение $\delta x$ в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2=\frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние $\delta x_1$: $\delta x_1=\frac{\delta xR}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta S_C$: $\delta S_C=\frac{\delta xR}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента *M*, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M)=M\delta\varphi_2=M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1)=P_1\delta x_1\cos120^\circ=-P_1\delta x_1\cos60^\circ=-\frac{P_1\delta xR}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы *F*: $\delta A(P_3)=P_3\delta s_C\cos120^\circ=-P_3\frac{\delta xR}{4r}$, $\delta A(F)=F\frac{\delta xR}{2r}\cos30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из неде-

формированного положения на расстояние $x$: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние $\delta x$ вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1\delta xR}{2r} - P_3\frac{\delta xR}{4r} + F\frac{\delta xR}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате $x$: $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\frac{P}{g}\dot{x}$, $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где $C_1$, $C_2$ – произвольные постоянные; $k$ – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1\sin 2{,}63t + C_2\cos 2{,}63t + 0{,}23$.

Произвольные постоянные $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки *D* блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20}$, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1 \cos 2{,}63t - 2{,}63C_2 \sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038 \sin 2{,}63t - 0{,}23 \cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\, x(t) = 0{,}057 \sin 2{,}63t - 0{,}34 \cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\, x(t) = 0{,}19 \sin 2{,}63t - 1{,}15 \cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

## 6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны *R*. Найти уравнения движения системы в обоб-

щённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

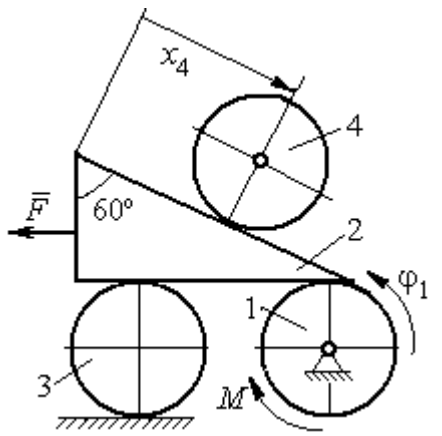
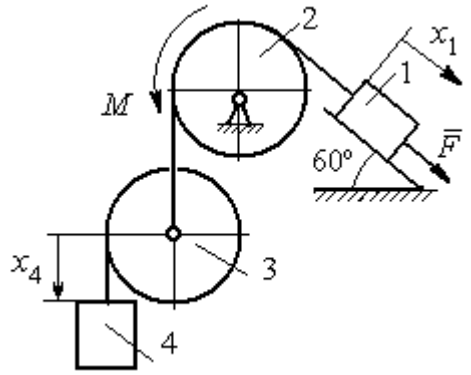
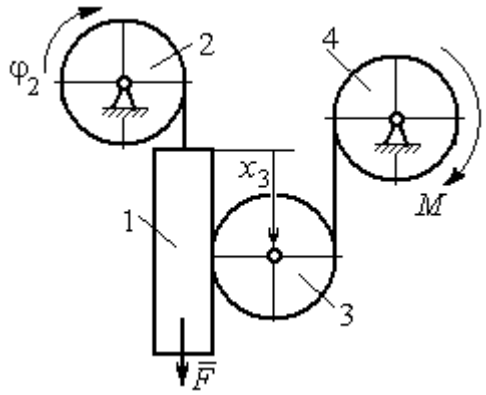
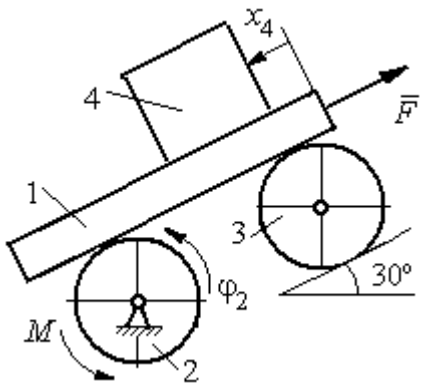
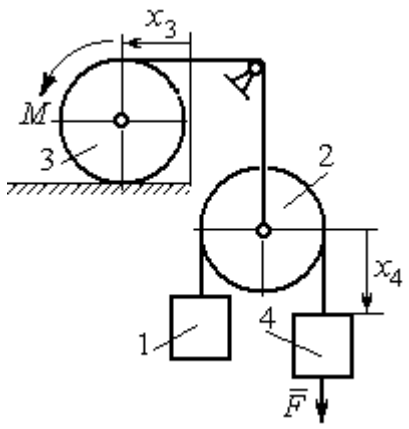
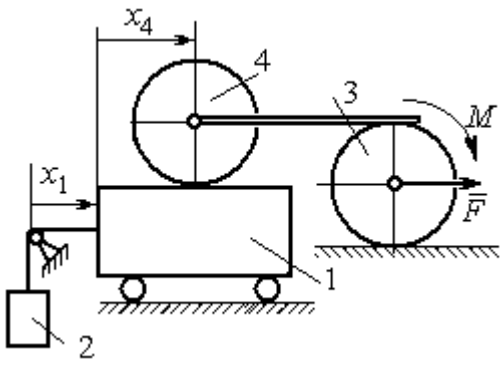
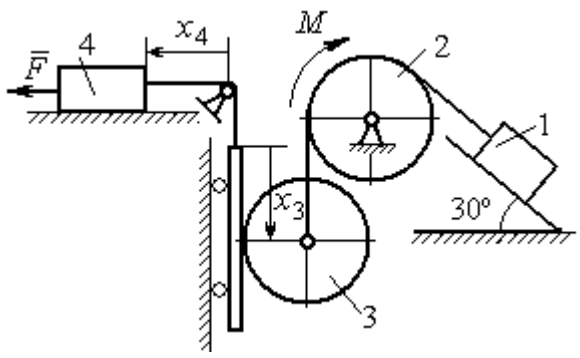
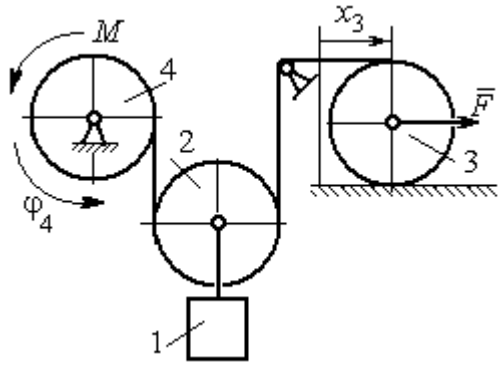
| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  |  |
| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|  |  |
| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|  |  |

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

*Окончание вариантов задания Д8*

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |

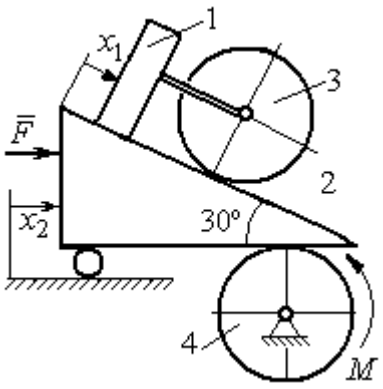
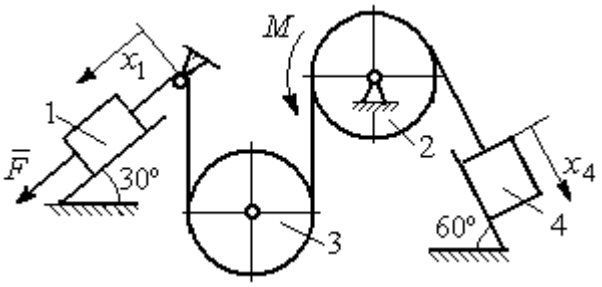
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

**Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы**

| Номер варианта задания | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$, Н | $P$ | $2P$ | $P$ | $1{,}5P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $1{,}2P$ | $3P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $P$ |
| $P_2$, Н | $3P$ | $3P$ | $4P$ | $3P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $3P$ | $4P$ | $3P$ |
| $P_3$, Н | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $2P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ |
| $P_4$, Н | $2P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $3P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $2P$ | $2P$ |
| $R$, м | $2r$ | $1{,}5r$ | $2{,}5r$ | $1{,}2r$ | $2r$ | $r$ | $1{,}5r$ | $r$ | $2r$ | $r$ | $1{,}5r$ | $1{,}2r$ | $2r$ | $2r$ | $2r$ |
| $F$, Н | $P$ | $2P$ | $P$ | $3P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $4P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ | $1{,}5P$ | $4P$ | $2P$ |
| $M$, Н·м | $2Pr$ | $3Pr$ | $4Pr$ | $3Pr$ | $3Pr$ | $4Pr$ | $2Pr$ | $2Pr$ | $3Pr$ | $2Pr$ | $3Pr$ | $4Pr$ | $3Pr$ | $3Pr$ | $2Pr$ |

*Окончание табл. 6.3*

| Номер варианта задания | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$, Н | $4P$ | $1{,}5P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $P$ | $1{,}5P$ | $1{,}5P$ | $2P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $1{,}2P$ | $3P$ | $1{,}2P$ |
| $P_2$, Н | $2P$ | $2P$ | $2P$ | $4P$ | $3P$ | $4P$ | $3P$ | $4P$ | $3P$ | $2P$ | $2P$ | $1{,}2P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ |
| $P_3$, Н | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $P$ | $P$ | $3P$ |
| $P_4$, Н | $1{,}5P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $2P$ | $2P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $P$ | $2P$ | $P$ | $2P$ |
| $R$, м | $1{,}5r$ | $r$ | $1{,}5r$ | $2r$ | $r$ | $1{,}2r$ | $2r$ | $1{,}5r$ | $2r$ | $r$ | $1{,}5r$ | $2r$ | $r$ | $1{,}2r$ | $2r$ |
| $F$, Н | $2P$ | $2P$ | $P$ | $3P$ | $4P$ | $2P$ | $3P$ | $2P$ | $3P$ | $P$ | $3P$ | $1{,}5P$ | $4P$ | $2P$ | $3P$ |
| $M$, Н·м | $3Pr$ | $2Pr$ | $4Pr$ | $Pr$ | $4Pr$ | $4Pr$ | $2Pr$ | $Pr$ | $4Pr$ | $2Pr$ | $4Pr$ | $2Pr$ | $2Pr$ | $3Pr$ | $2Pr$ |

## Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса $R$ (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила $\vec{F}$. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом $M$. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, перекинутому через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса $R$. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если $R = 2r$, веса тел $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

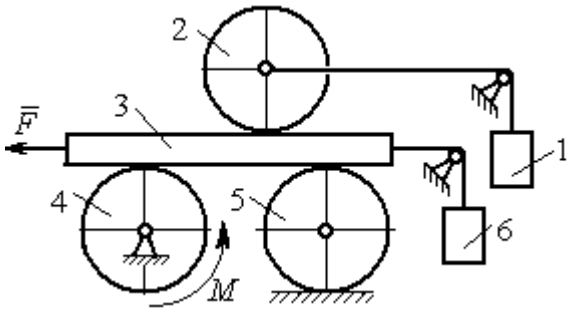


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

*Решение*

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение

катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение $x_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и перемещение $x_3$ платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2}, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_{x_2}$, $Q_{x_3}$ – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

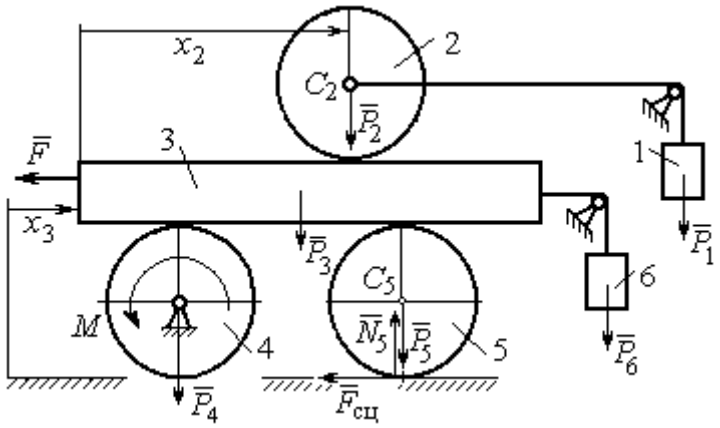


Рис. 6.16. Действующие силы
и обобщённые координаты механической системы

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где $V_3$ – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где $J_4$, $\omega_4$ – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5 = \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где $J_5$ – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; $\omega_5$, $V_{C_5}$ – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка *K* касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

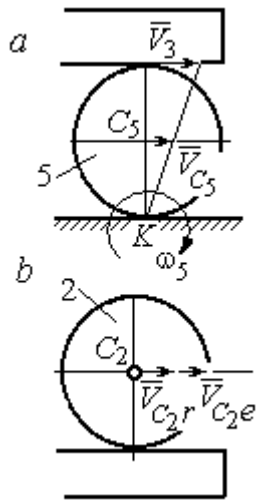


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость $V_{C_2}$ центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном

движении: $\omega_2 = \dfrac{V_{C_2 r}}{R_2} = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \dfrac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где $J_2$ – осевой момент инерции катка 2; $\omega_2$ – угловая скорость катка; $V_{C_2}$ – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \dfrac{P_1}{2g}V_1^2$, $T_6 = \dfrac{P_6}{2g}V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g}V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 + \frac{P_3}{2g}V_3^2 + \frac{1}{2}J_4\omega_4^2 + \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2 + \frac{P_6}{2g}V_6^2,$$

где значения скоростей: $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \dfrac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \dfrac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \dfrac{P_2 R_2^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \dfrac{P_4 R_4^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \dfrac{P_5 R_5^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 + \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_3$, оставляя координату $x_2$ без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2 стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

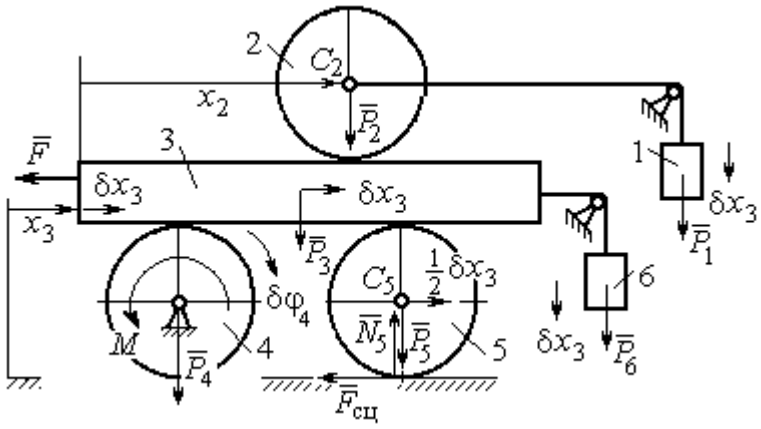



Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом $M$ и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении $\delta x_3$: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении $\delta x_3$ с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате $x_3$: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате $x_2$, оставляя координату $x_3$ без изменения: $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая работу в виде $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате $x_2$: $Q_{x_2} = P$.

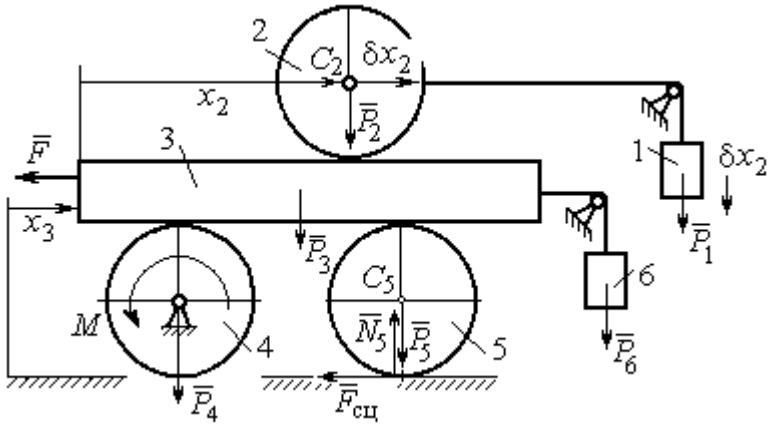



Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2 > 0$, $\delta x_3 = 0$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты $x_3$ означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси $x_3$ (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2}x_2 = \frac{1}{2r}x_2 = 0{,}097\frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4}x_3 = \frac{1}{2r}x_3 = -0{,}047\frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2}x_3 = -0{,}047gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024\frac{gt^2}{r}$.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Бать М. И.*, *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

*Бутенин Н. В.*, *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: в 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

*Вебер Г. Э.*, *Ляпцев С. А*. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

*Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*сборник заданий для расчетно-графических работ*

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 9,75 Уч. изд. л. 6,5 Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. ..... 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки.... 73
4.3. Колебания материальной точки ..... 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки ..... 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. ..... 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки
с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ..... 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы . 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы ..... 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. ..... 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы
с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ..... 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики ..... 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы
с применением общего уравнения динамики ..... 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода ..... 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы
с применением уравнений Лагранжа ..... 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 155

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине*
*«Разрушение горных пород»*
*для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

*Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС* УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

*Разрушение горных пород:* Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 42 с.

Пособие предназначено для выполнения контрольной работы студентов всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Разрушение горных пород».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Лещуков Н.Н.,

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ..... 6
1.1. Общие положения ..... 6
1.2. Определение параметров буровзрывных работ ..... 6
1.2.1. Выбор взрывчатых материалов ..... 6
1.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров ..... 11
1.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов ..... 12
1.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб ..... 12
1.2.3.2. Прямые врубы ..... 14
1.2.4. Определение удельного заряда ВВ ..... 18
1.2.5. Выбор диаметра шпура ..... 20
1.2.6. Определение количества шпуров ..... 20
1.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов ..... 22
2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ ..... 24
3. ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ..... 27
4. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ..... 30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 31
ПРИЛОЖЕНИЯ ..... 32
Приложение 1. Образец оформления обложки отчёта ..... 31
Приложение 2. Пример паспорта БВР на прроведение выработки ..... 32
Приложение 3. Задания по расчёту параметров и составлению паспорта БВР на проведение выработки ..... 35
Приложение 4. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок ..... 39

# ВВЕДЕНИЕ

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип врубa, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

Отчёт по контрольной работе оформляется на листах стандартного формата А4 (210 мм х 297 мм). Обложка отчёта выполняется в соответствии с образцом, приведённым в Приложении 1.

На первой странице отчёта приводится его содержание с указанием страниц, далее – содержание задания по следующей форме (для примера взято задание № 1 настоящего пособия – Приложение 3):

## Задание № 1

Выполнить расчёт и составить паспорт буровзрывных работ для проведения выработки при следующих данных:

– наименование выработки: квершлаг однопутный;
– форма поперечного сечения выработки – сводчатая;
– размеры выработки (высота и ширина) – 3,4х3,3 м;
– площадь сечения вчерне – 10,5 м$^2$;
– коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова $f$ = 15;
– категория пород – I;
– обводнённость – с;
– категория шахты по газу или пыли и наличие метана в выработке – не опасная.

После выполнения и оформления расчётной части отчёта приводится паспорт БВР, в котором указываются: характеристика выработки; характеристика пород; исходные данные; схема расположения шпуров в трёх проекциях; кон-

струкция вруба; конструкции зарядов во врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих шпурах; основные показатели взрывных работ; меры безопасности. Пример заполнения паспорта приведён в Приложении 2.

Студенты, обучающиеся по заочной форме и работающие на горном предприятии, в качестве исходных данных для выполнения настоящей работы (характеристики выработки и пород) могут по согласованию с преподавателем взять фактические исходные данные предприятия. Выполнив расчёты и составив паспорт в соответствии с рекомендациями пособия, студент приводит в отчёте также фактически действующий паспорт по принятой выработке и даёт краткий анализ расчётного и фактически действующего паспортов БВР.

# 1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

## 1.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

## 1.2. Определение параметров буровзрывных работ

### 1.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» (ЕПБ) [1] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [2] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 1.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 1.1

**Рекомендуемые ВВ**

| Условия взрывных работ | Условия размещения зарядов | Коэффициент крепости пород *f* | Тип ВВ | Способ заряжания |
|---|---|---|---|---|
| Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли | Сухие шпуры | до 12 | Гранулит М<br>Граммонит 79/21<br>Гранулит АС-4В<br>Гранулит-игданит | Механизированный |
| | | | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Гранулит АС-8В | Механизированный |
| | | | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | Ручной |
| | Обводнённые шпуры | до 12 | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | |
| Выработки, опасные по взрыву газа и пыли | Сухие и обводнённые шпуры | Для взрывания по породе | Аммонит АП–5ЖВ | Ручной |
| | | Для взрывания по углю с учетом степени опасности | IV кл. Аммонит Т-19<br>Аммонит ПЖВ-20<br>V кл. Угленит Э-6<br>VI кл. Угленит 12ЦБ | |
| | Для водораспыления | Открытый заряд | Ионит | |

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Характеристики ВВ**

| Наименование ВВ | Идеальная работа взрыва, кДж/кг | Плотность в патронах или насыпная, кг/м$^3$ | Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг | Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м$^3$ | Расстояние передачи детонации между патронами, см | | Диаметр патронов, мм | Масса патрона, кг | Длина патрона, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Сухие | После выдержки в воде | | | |
| Аммонит № 6ЖВ | 3561 | 1000-1100 | 3917 | 1,0 | 5-9 | 3-6 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал М-10 | 4410 | 950-1100 | 4520 | 1,15 | 4 | 3 | 32 | 0,2 | 250 |
| Детонит М | 4316 | 1000-1200 | 4963 | 1,27 | 8-18 | 5-15 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал скальный № 1 | 4420 | 1000-1100 | 4641 | 1,18 | 8-14 | 5-10 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонит АП-5ЖВ | 2991 | 1000-1150 | 3215 | 0,82 | 5-10 | 2-7 | 36 | 0,3 | 250 |
| Аммонит Т-19 | 2564 | 1000-1200 | 2820 | 0,72 | 7-12 | 4-8 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит Э-6 | 1946 | 1100-1250 | 2289 | 0,58 | 5-12 | 3-10 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит 12 ЦБ | 1770 | 1200-1350 | 2256 | 0,58 | 4 | 2 | 36 | 0,3 | 240 |
| Ионит | 1482 | 1000-1200 | 1704 | 0,44 | – | – | 36 | 0,3 | 240 |
| Гранулит М | 3163 | 780-820 (1000-1150)* | 3384 | 0,86 | | | | | |
| Гранулит АС-4В | 3645 | 800-850 (1100-1200)* | 4192 | 1,07 | | | | | |
| Гранулит АС-8В | 3997 | 800-850 (1100-1200)* | 4597 | 1,17 | | | | | |
| Гранулит-игданит | 3150 | 800-850 (1100-1200)* | 3760 | 0,85 | | | | | |

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 1.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 1.3

**Электродетонаторы для шахт и рудников**

| Тип электродетонаторов | Кол-во серий | Интервалы замедления, мс (с) | Безопасный ток, А | Гарантийный ток, А | Сопротивление, Ом | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ЭД-8Ж(Э) | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности |
| ЭД-3-Н | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭД-1-8-Т | 1 | 0 | 1,0 | 5,0 | 0,5-0,75 | Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам |
| ЭД-3-Т | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭДКЗ-ОП | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности |
| ЭДКЗ-П | 5 | 25, 50, 75, 100, 125 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭДКЗ-ПМ | 7 | 15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭД-КЗ-ПКМ | 9 | 4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 1.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 1.4

**Характеристики систем неэлектрического инициирования**

| Устройство | Интервал замедления, мс | Назначение |
|---|---|---|
| СИНВ-Ш | 0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | Изготовление патронов-боевиков |
| ДБИ3 | 0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | |

*Примечание.* Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

### 1.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 1.5.

Таблица 1.5

**Тип вруба и глубина шпуров**

| Тип буровой техники | Сечение выработки, м$^2$ | |
|---|---|---|
| | менее 6 | более 6 |
| Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла | Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м | Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м |
| Установки механизированного бурения | – | Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины |

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки ($B$) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 $B$, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м$^2$) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 1.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

### 1.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

#### 1.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Параметры вертикального клинового вруба**

| Группа крепости пород по СНиП | Коэффициент крепости пород *f* | Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм | Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$) | | Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | до 12 | более 12 | |
| IV-V | 1-6 | 500 | 4 | 4-6 | 75-70 |
| VI | 6-8 | 450 | 4-6 | 6-8 | 68 |
| VII | 8-10 | 400 | 6-8 | 8-10 | 65 |
| VIII | 10-13 | 350 | 8-10 | 10-12 | 63 |
| IX | 13-16 | 300 | 10-12 | 12-14 | 60 |
| X | 16-18 | 300 | 10-12 | 12-14 | 58 |
| XI | 20 | 250 | 10-12 | 12-14 | 55 |

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (1.1)$$

где $e$ – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 1.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

$d$ – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 1.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 1.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 1.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (1.2)$$

где $B$ – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 1.1).

Таблица 1.7

**Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м**

| Ширина выработки, м | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 2,0 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| 3,0 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 3,5 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| 4,0 | 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| 4,5 | 3,2 | 2,9 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 2,0 | 1,9 |
| 5,0 | 3,5 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,1 |

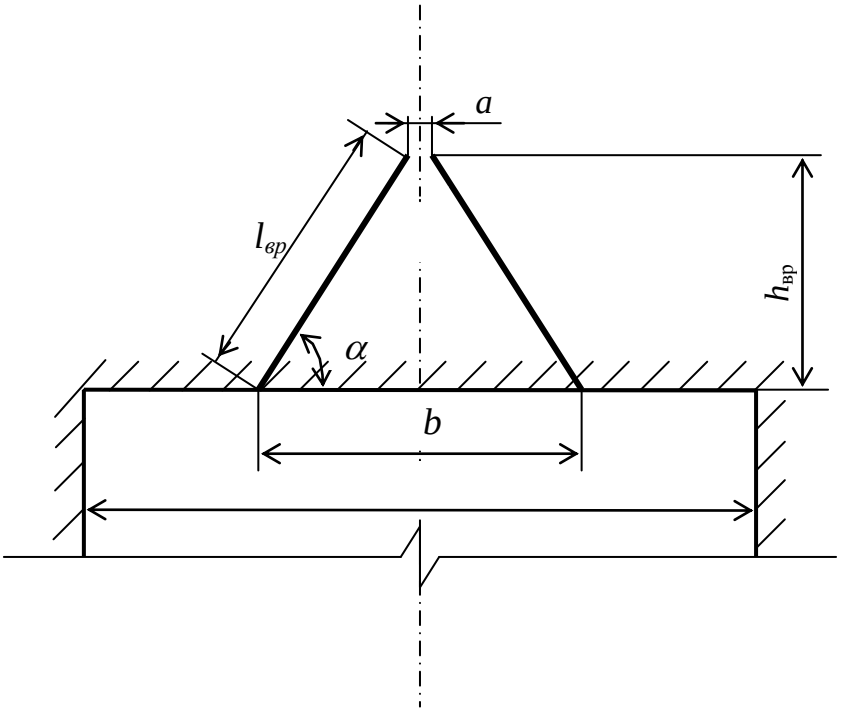



Рис. 1.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0{,}1 \div 0{,}2), \quad (1.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (1.4)$$

где $\alpha$ – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \quad (1.5)$$

где $a$ – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород $a$ = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров $\alpha$.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 1.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

### 1.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 1.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние $W_1$) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 1.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние $W_1$, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (1.1).

Пробивные расстояния $W_1$ учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе ($W_1$, $W_2$, $W_3$ и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

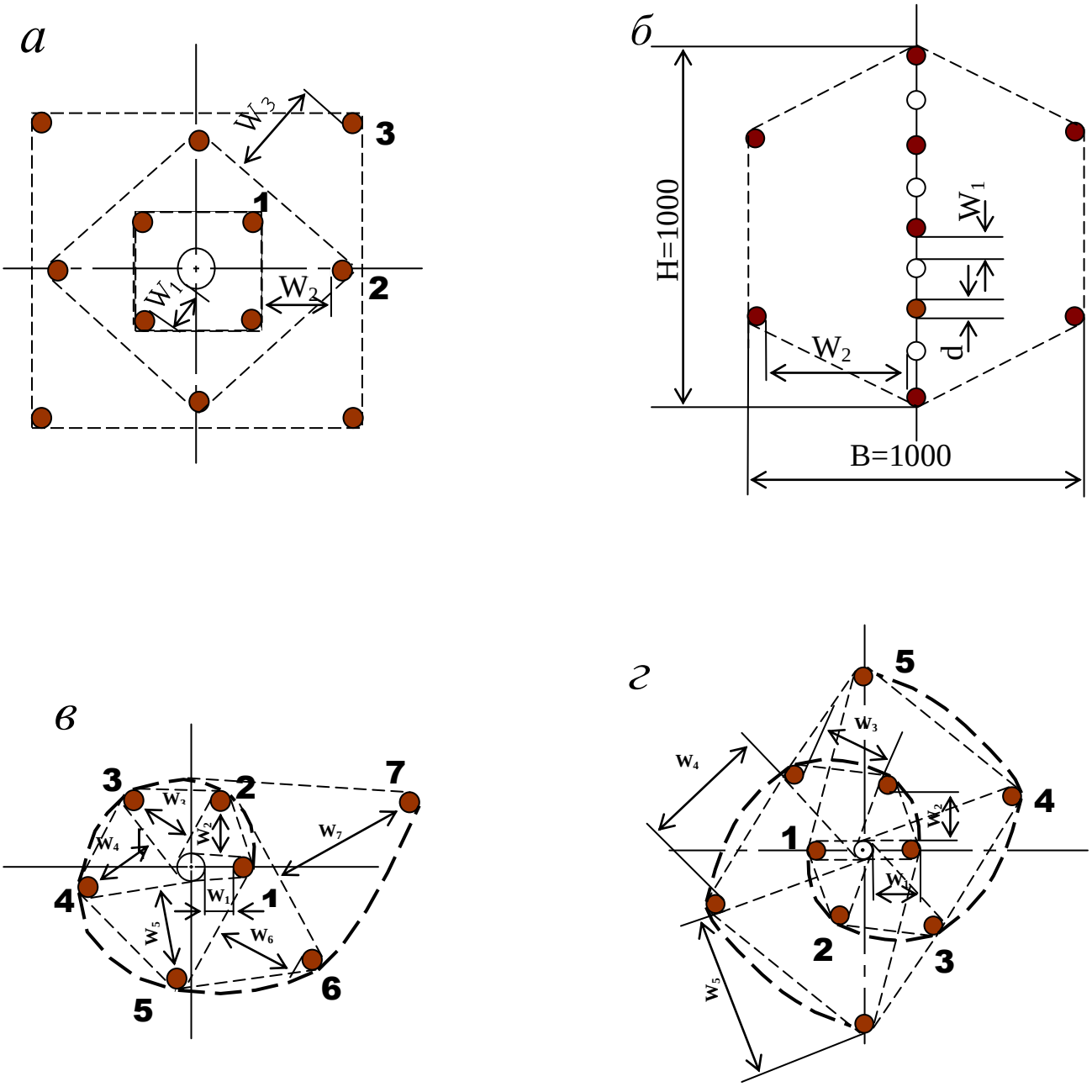



Рис. 1.2. Конструкции прямых врубов:
*а* – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
*г* – двойной спиральный

Таблица 1.8

**Пробивные расстояния $W_1$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 115 | 100 | 90 | 80 | 60 | 60 | 55 |
| 51 | 125 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 65 |
| 56 | 150 | 130 | 110 | 95 | 90 | 85 | 75 |
| 75 | 170 | 150 | 130 | 105 | 100 | 95 | 85 |
| 105 | 190 | 170 | 150 | 120 | 110 | 105 | 95 |
| 125 | 230 | 200 | 170 | 140 | 120 | 110 | 100 |

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 1.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (1.6)$$

где $W_1$ – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 1.7);

$D_x$ – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

$d$ – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния ($W_2$, $W_3$ и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 1.2) в масштабе 1:5.

Таблица 1.9

**Пробивные расстояния $W_2$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 170 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 | 110 |
| 51 | 180 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 |
| 56 | 210 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 |
| 75 | 260 | 210 | 200 | 185 | 170 | 150 | 140 |
| 105 | 300 | 260 | 240 | 215 | 200 | 185 | 175 |
| 125 | 340 | 300 | 270 | 250 | 230 | 220 | 215 |

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.10

**Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм**

| Диаметр шпуров, мм | Коэффициент крепости пород *f* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 1000-900 | 800 | 700 | 650 | 600 | 550 | 500 |

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м$^2$ необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 1.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{1.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{1.8}$$

где $H$ – высота вруба, мм;

$W_1$ – пробивное расстояние, мм;

$d$ – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 1.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние $W_2$ для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 1.11.

В породах с $f$ >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 1.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 1.11

**Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами**

| Условия взрывания | Класса ВВ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | II | III-IV | V | VI |
| По углю | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| По породе: | | | | |
| при $f$ <7 | 0,5 | 0,45 | 0,3 | 0,25 |
| при $f$ >10 | 0,4 | 0,3 | – | – |

В породах с коэффициентом крепости $f$ < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 1.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

### 1.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot \nu / e, \qquad (1.9)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, кг/м$^3$;

$f$ – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (1.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

$f_1$ – коэффициент структуры породы;

$v$ – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

$e$ – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (1.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

$\rho$, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м$^3$.

Необходимые данные для расчета величины $e$ принимают из табл. 1.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (1.10) и в табл. 1.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы $f_1$ принимается из табл. 1.12.

Таблица 1.12

**Коэффициент структуры породы $f_1$**

| Характеристика пород | Категория пород | Коэффициент структуры породы $f_1$ |
|---|---|---|
| Монолитные, крепкие, вязкие, упругие | I | 1,6 |
| Трещиноватые, крепкие | II | 1,2-1,4 |
| Массивно-хрупкие | III | 1,1 |
| Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов | IV | 0,8-0,9 |

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (1.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м$^2$.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах $v$ = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

**При щелевом врубе на полную высоту выработки** для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (1.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v$ = 1,4.

**Прямые (дробящие) врубы** требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (1.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $v$ = 1,1–1,4.

### 1.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 1.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм (см. раздел 3). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

### 1.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (1.12)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м$^3$;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$\gamma$ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (1.13)$$

где $d$ – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 1.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м$^3$.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с $f$ = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (1.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 1.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт (раздел 1.2.7).

Таблица 1.13

**Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок**

| Коэффициент крепости пород $f$ | Сечение выработки вчерне, м$^2$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 2-4 | 8-11 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 35-42 |
| 5-7 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 39-42 | 43-46 |
| 8-10 | 16-20 | 21-26 | 27-32 | 33-37 | 38-42 | 42-46 | 47-50 |
| 12-14 | 20-24 | 26-30 | 32-36 | 37-42 | 42-46 | 46-50 | 50-54 |
| более 14 | 26-28 | 32-36 | 36-40 | 44-48 | 48-52 | 52-54 | 56-60 |

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (1.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м$^2$;

$N$, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87$^o$ к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

**При применении прямых врубов** количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (1.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м$^2$.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

### 1.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (1.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (1.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (1.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (1.19)$$

где $d$ – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

$\rho$ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

$\alpha$ – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \quad (1.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (1.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (1.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (1.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (1.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\ , \quad (1.25)$$

где $\eta$ – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (1.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м$^2$, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 1.14 [4].

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м$^3$ взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (1.27)$$

Таблица 1.14

**Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом**

| Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м$^2$ | Коэффициент крепости пород $f$ | | |
|---|---|---|---|
| | 1–2 | 2–9 | 10–20 |
| до 8 | 5* | 10 | 12 |
| от 8 до 15 | 4 | 8 | 10 |
| более 15 | 3 | 5 | 7 |

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\ \eta). \quad (1.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м$^3$ взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\ l_{шп}\ \eta). \quad (1.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (1.30)$$

где $B$ – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

# 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взрывание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 2.1).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (2.1)$$

где $R$ – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172\cdot10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286\cdot10^{-6}$ и для стальных $0{,}12\cdot10^{-6}$ Ом·м;

$l$ – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

$S$ – сечение проводов, м$^2$.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 1.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 2.1

**Взрывные приборы и машинки**

| Наименование прибора (исполнение) | Напряжение, В | Масса, кг | Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---|---|---|---|---|
| Конденсаторный взрывной прибор<br>КВП-1/100М (РВ)<br>КВП-2/200М (РН) | <br>600<br>1700 | <br>2<br>2,5 | <br>320<br>1700 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли |
| Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ) | 610 | 2,7 | 320 | |
| Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН) | 1600 | 3,0 | 200 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли |

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{гар}, \qquad (2.2)$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{2.3}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{2.4}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{2.5}$$

где $I$ – сила тока в электровзрывной сети, А;

$E$ – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

$R$ – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

$n$ – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

$m$ – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

$i$ – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

$r$ – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{2.6}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 2.2 или рассчитывается по формуле (2.1));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 2.2

**Характеристики проводов для электровзрывания**

| Обозначение | Назначение | Диаметр жилы, мм | Площадь сечения, мм$^2$ | Сопротивление 1 м провода, Ом/м |
|---|---|---|---|---|
| ВП-05 | соединительные | 0,5 | 0,196 | 0,090 |
| ВП-08 | магистральные | 0,8 | 0,502 | 0,034 |
| ВП-07х2 | магистральные | 0,7х2 | 0,769 | 0,024 |

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{2.7}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{2.8}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

# 3. ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 3.1

**Область применения бурильных машин и установочных приспособлений**

| Коэффициент крепости пород | Тип бурильных машин и установочных приспособлений |
|---|---|
| 1,5–3 | Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках |
| 4–6 | Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 7–9 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 10–20 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах |

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с $f$ <8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переуста-

новку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с $f < 8$; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с $f$ = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с $f$ = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с $f$ = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 3.2 – 3.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м$^2$ площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м$^2$ площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 3.2

**Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | | Тип бурильной установки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | УБШ-204 (БУЭ-1М) | УБШ-214А | УБШ-308У (1СБУ-2) | УБШ-303 (1БУР-2) | УБШ-254 | УБШ-332Д |
| Коэффициент крепости пород $f$ | | 4-8 | 4-16 | 8-14 | 4-16 | 8-14 | 8-14 |
| Диаметр шпуров, мм | | 42 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 |
| Длина шпуров, м | | 2,75 | 2,75 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | 3,0 |
| Зона бурения, м$^2$ | | 6-12 | 4,2-12 | до 20 | до 20 | до 12 | 8-22 |
| Бурильная машина | тип | БУЭ | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | «Норит-1» (гидравл.) | М2 (БГА-2М) |
| | кол-во | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | рельс. | рельс. | гусен. | рельс. | гусен. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: длина | | 8,2 | 6,0 | 7,8 | 7,1 | 7,2 | 11,0 |
| ширина | | 1,3 | 1,0 | 1,6 | 1,15 | 1,4 | 1,75 |
| высота | | 0,9 | 1,5 | 1,7 | 1,65 | 1,8 | 2,3 |
| Масса, т | | 5,4 | 4 | 8,6 | 5 | 7,2 | 12 |

Таблица 3.3

**Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | | Тип бурильной установки | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Minimatic 205-40 | Mini 206-60 | Paramatic 305-60 | Rocket Bomer 104S | Rocket Bomer 282S |
| Коэффициент крепости пород *f* | | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 |
| Диаметр шпуров, мм | | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 |
| Длина шпуров, м | | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 4,0 | 4,0 |
| Высота обуривания, м | | 6,0 | 6,4 | 7,1 | 4,7 | 6,3 |
| Ширина обуривания, м | | 8,8 | 9,8 | 10,4 | 4,7 | 8,7 |
| Зона бурения, $м^2$ | | 8-49 | 8-60 | 12-68 | до 20 | до 45 |
| Бурильная машина | тип | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | COP 1838 ME пневмат. | COP 1838 ME пневмат. |
| | кол-во | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: | | | | | | |
| | длина | 12,3 | 12,7 | 5,3 | 9,8 | 12,1 |
| | ширина | 1,98 | 2,24 | 2,5 | 2,0 | 2,0 |
| | высота | 2,35 | 2,35 | 2,8 | 2,6 | 3,1 |
| Масса, т | | 19 | 20 | 36 | 14 | 18 |

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 $м^2$.

# 4. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя [1]: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Образец заполнения паспорта буровзрывных работ приведён в Приложении 2.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01). М., 2001.

2. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

3. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

4. СНиП 3.02.03-84. Подземные горные выработки.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**Образец оформления обложки отчёта**

**Министерство образования и науки РФ**
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра шахтного строительства

**ОТЧЁТ**
по контрольной работе «Расчёт параметров и составление паспорта БВР на проведение горизонтальной горной выработки»

Зав. кафедрой проф. М. В. Корнилков
Руководитель _____
Студент гр. _____ _____

Екатеринбург 2010

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

## Пример паспорта БВР на проведение выработки

Утверждаю:
Главный инженер
_____

**Паспорт**
**буровзрывных работ на проведение**
_____
(*наименование выработки*)

### 1. Характеристика выработки

1.1. Форма сечения выработки _____
1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м$^2$ _____
1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____
- ширина, м _____
1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

### 2. Характеристика пород

2.1. Наименование пород _____
2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____
2.3. Трещиноватость пород _____
2.4. Обводнённость пород _____

### 3. Исходные данные

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____
3.2. Способ взрывания _____
3.3. Диаметры - шпуров, мм _____
- патронов, мм _____
3.4. Тип вруба _____
3.5. Материал забойки _____
3.6. Схема соединения электродетонаторов _____
3.7. Источник электрического тока _____

### 4. Расчётные данные по шпурам

| №№ шпуров | Наименование шпуров по назначению | Глубина шпуров, м | Угол наклона шпуров, град. | Расстояние между шпурами, м | Величина заряда в шпуре, кг | Длина заряда, м | Длина забойки в шпуре, м | Очередность взрывания, интервал замедления, мс | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |

**5. Схема расположения шпуров**

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

**6. Конструкции зарядов**

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

**7. Основные показатели буровзрывных работ**

| № п/п | Показатели | Единица измерения | Количество |
|---|---|---|---|
| 1 | Коэффициент использования шпуров | - | |
| 2 | Подвигание забоя за взрыв | - | |
| 3 | Объём горной массы за взрыв | $м^3$ | |
| 4 | Количество шпуров на цикл | шт. | |
| 5 | Количество шпурометров на цикл | м | |
| 6 | Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки | м шп./м | |
| 7 | Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы | м шп./$м^3$ | |
| 8 | Расход ВВ на цикл | кг | |
| 9 | Расход ВВ на 1 метр выработки | кг/м | |
| 10 | Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы | кг/$м^3$ | |
| 11 | Расход средств инициирования на цикл:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |
| 12 | Расход средств инициирования на 1 метр выработки:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |

**8. Меры безопасности**

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

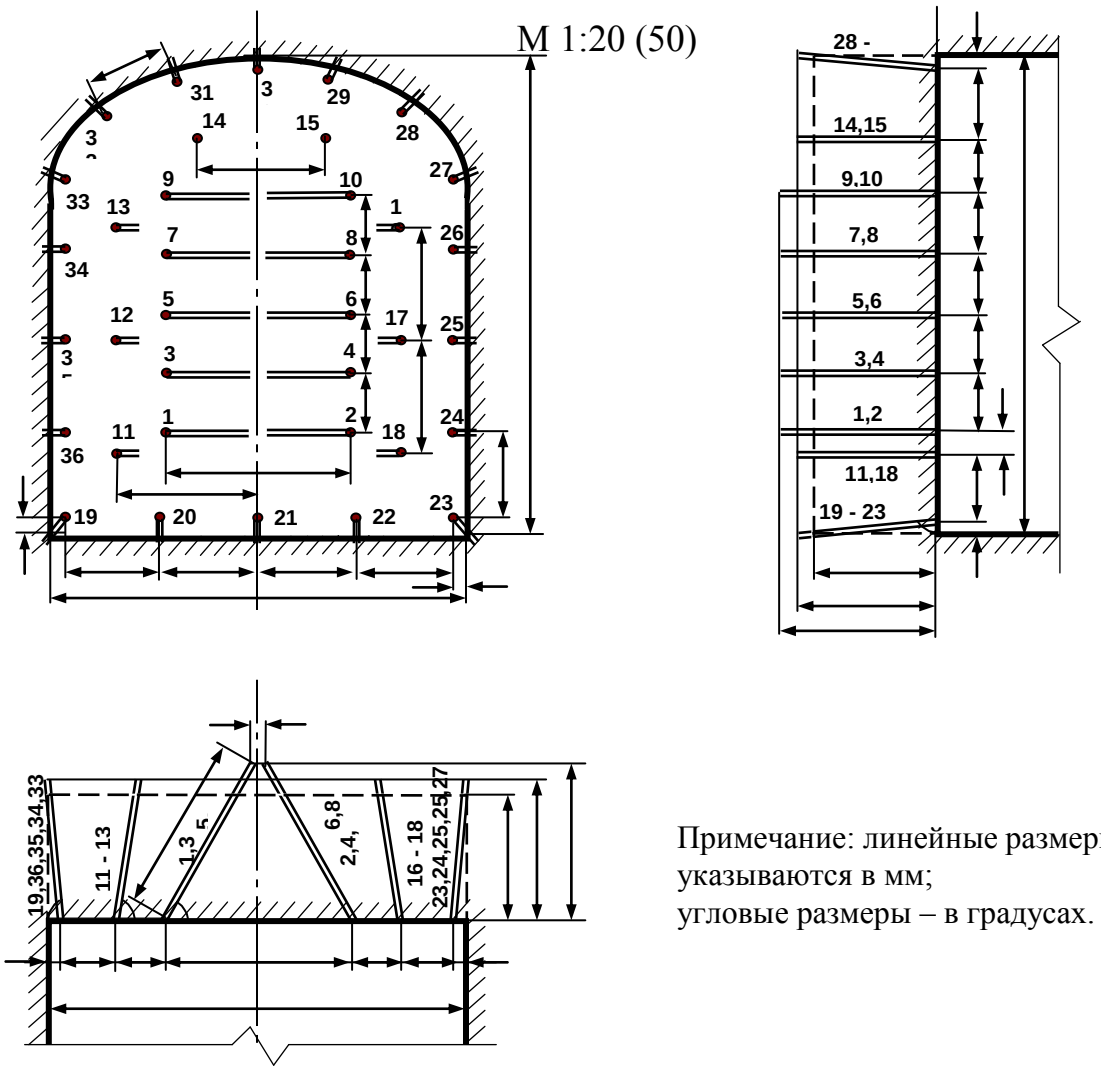
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

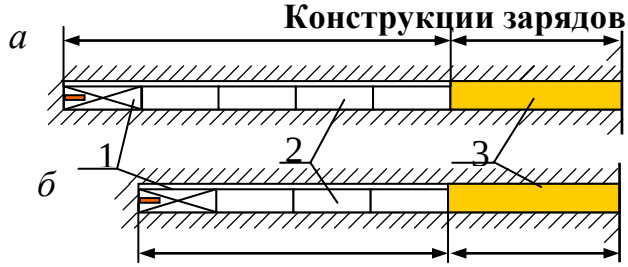
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

**Схема расположения шпуров**




Примечание: линейные размеры
указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

**Конструкции зарядов**




*а* – врубовые шпуры;
*б* – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

*Примечание*. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Таблица П3.1

## Задания по расчету параметров и составлению паспорта бвр на проведение выработки

| №№ заданий | Наименование выработки | Форма сечения выработки* | Размеры выработки $H \times B$, м | Площадь сечения вчерне, м$^2$ | Характеристика пород | | | Категория шахты по газу или пыли и наличие метана в выработке |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Коэффициент крепости $f$ | Категория пород по табл. 1.12 | Обводнённость** | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Квершлаг | Сводчатая | 3,4 × 3,3 | 10,5 | 15 | I | с | Не опасная |
| 2 | | | 3,4 × 4,0 | 12,0 | 12 | I | у | |
| 3 | | | 3,4 × 3,6 | 11,3 | 14 | I | о | |
| 4 | | | 3,4 × 3,2 | 10,2 | 10 | I | у | |
| 5 | | | 3,3 × 3,5 | 10,7 | 12 | I | о | |
| 6 | | | 3,1 × 3,2 | 9,2 | 10 | I | о | |
| 7 | | | 3,3 × 3,7 | 11,3 | 6 | II | о | |
| 8 | | | 3,5 × 3,2 | 10,5 | 8 | II | с | |
| 9 | | | 3,6 × 3,8 | 12,7 | 8 | IV | у | |
| 10 | | | 3,5 × 3,9 | 12,6 | 10 | II | с | |
| 11 | | | 3,4 × 3,4 | 10,8 | 6 | III | о | |
| 12 | | | 3,2 × 3,0 | 9,0 | 12 | IV | у | |
| 13 | | | 3,5 × 3,9 | 12,6 | 18 | IV | о | |
| 14 | | | 3,1 × 3,2 | 9,2 | 5 | III | о | |
| 15 | | | 3,4 × 3,6 | 11,3 | 8 | III | с | |
| 16 | | | 3,3 × 3,5 | 10,7 | 18 | II | с | |
| 17 | | | 3,5 × 3,2 | 10,5 | 14 | I | о | |
| 18 | | | 3,1 × 3,2 | 9,2 | 20 | II | у | |
| 19 | | | 3,4 × 4,0 | 12,5 | 16 | I | о | |
| 20 | | | 3,4 × 4,0 | 12,5 | 4 | III | о | |

Продолжение табл. П3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | Квершлаг | Трапецевид. | 3,5 × 3,7 / 3,3 | 12,3 | 8 | II | с | |
| 22 | | | 3,5 × 3,9 / 3,1 | 12,3 | 10 | I | о | |
| 23 | | | 3,5 × 3,7 / 3,0 | 11,7 | 12 | III | с | |
| 24 | | | 3,6 × 3,9 / 3,1 | 12,6 | 14 | III | у | |
| 25 | | | 3,0 × 3,6 / 2,9 | 9,8 | 16 | I | о | |
| 26 | | | 3,8 × 3,4 / 2,8 | 11,8 | 18 | I | с | |
| 27 | | | 3,6 × 4,0 / 3,3 | 13,1 | 6 | VI | с | |
| 28 | | | 3,6 × 4,2 / 3,5 | 13,9 | 8 | III | о | |
| 29 | | | 3,6 × 4,0 / 3,3 | 13,1 | 10 | III | у | |
| 30 | | | 3,6 × 4,2 / 3,5 | 13,9 | 15 | I | с | |
| 31 | | | 3,6 × 4,0 / 3,3 | 13,1 | 18 | II | у | |
| 32 | | | 3,5 × 3,9 / 3,1 | 12,3 | 6 | IV | о | |
| 33 | | | 3,2 × 3,9 / 3,1 | 11,2 | 8 | III | о | |
| 34 | | | 3,5 × 3,9 / 3,1 | 12,3 | 9 | III | о | |
| 35 | | | 3,2 × 3,9 / 3,1 | 11,2 | 14 | III | у | |
| 36 | | | 3,6 × 3,8 / 3,0 | 12,2 | 18 | I | с | |
| 37 | | | 3,6 × 3,8 / 3,0 | 12,2 | 8 | III | о | |
| 38 | | | 3,4 × 3,8 / 3,0 | 11,6 | 12 | II | у | |
| 39 | | Сводчатая | 3,7 × 5,0 | 16,8 | 6 | IV | с | |
| 40 | | | 3,7 × 5,0 | 16,8 | 9 | III | у | |
| 41 | | | 3,7 × 4,5 | 15,2 | 11 | IV | с | |
| 42 | | | 3,7 × 5,0 | 16,8 | 13 | II | с | |
| 43 | | | 3,7 × 4,4 | 14,9 | 14 | I | о | |

Продолжение табл. П3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 44 | Квершлаг | Сводчатая | 3,5 × 4,6 | 15,5 | 16 | II | о | Не опасная |
| 45 | | | 3,6 × 4,9 | 16,0 | 4 | IV | о | |
| 46 | | | 3,6 × 4,7 | 15,4 | 8 | III | у | |
| 47 | | | 3,6 × 4,9 | 16,0 | 10 | II | с | |
| 48 | | | 3,6 × 4,2 | 13,9 | 12 | II | о | |
| 49 | | | 3,6 × 4,9 | 16,0 | 14 | II | о | |
| 50 | | | 3,6 × 4,9 | 16,0 | 6 | II | с | |
| 51 | | | 3,6 × 4,3 | 14,2 | 8 | III | о | |
| 52 | | | 3,7 × 4,3 | 14,2 | 4 | IV | о | |
| 53 | | | 3,7 × 4,0 | 13,7 | 6 | IV | с | |
| 54 | | | 3,7 × 4,3 | 14,2 | 9 | III | о | |
| 55 | | | 3,7 × 3,9 | 13,4 | 10 | II | о | |
| 56 | | | 3,7 × 4,9 | 16,5 | 10 | II | о | |
| 57 | | | 3,7 × 4,1 | 14,0 | 14 | II | с | |
| 58 | | | 3,9 × 4,0 | 14,5 | 16 | I | у | |
| 59 | Штрек | Арочная | 3,0 × 3,2 | 8,5 | 4 | IV | о | I |
| 60 | | | 3,0 × 3,4 | 8,9 | 6 | IV | о | II |
| 61 | | | 3,3 × 3,3 | 9,7 | 8 | III | с | III |
| 62 | | | 3,3 × 3,4 | 10,0 | 4 | III | у | II |
| 63 | | | 3,2 × 3,2 | 9,1 | 6 | II | с | III – выделения метана отсутствуют |
| 64 | | | 2,8 × 3,4 | 8,3 | 4 | IV | о | II |
| 65 | | | 3,0 × 3,2 | 8,5 | 10 | II | о | III – выделения метана отсутствуют |
| 66 | | | 3,0 × 2,8 | 7,5 | 2 (уголь) | IV | с | II |
| 67 | | | 3,2 × 4,0 | 11,0 | 2 (уголь) | IV | о | II |
| 68 | | | 3,6 × 3,8 | 12,1 | 2 | IV | о | III |

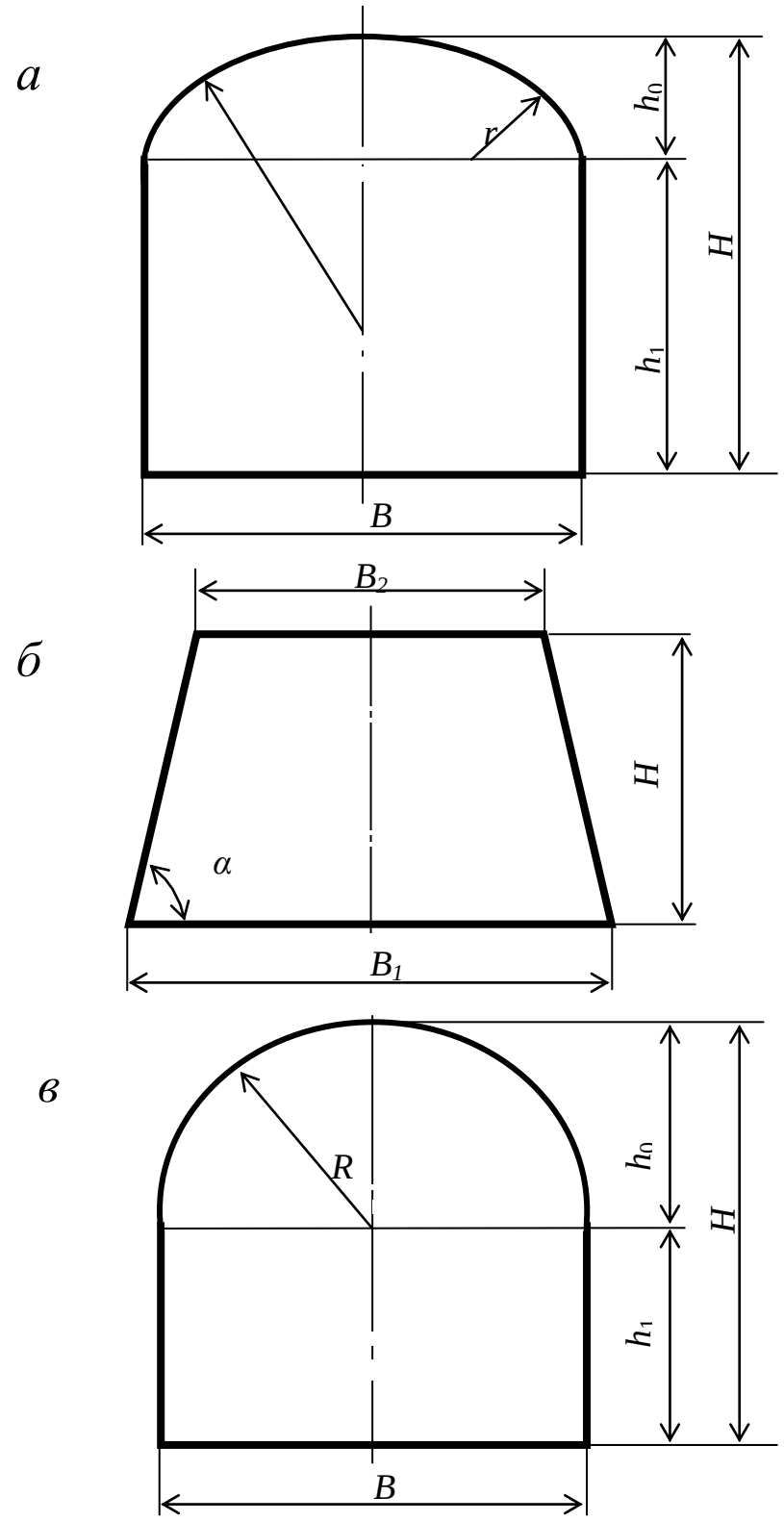
Окончание табл. П3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69 | Штрек | Сводчатая | 3,2 × 4,0 | 11,0 | 5 | IV | у | II |
| 70 | | | 3,2 × 4,0 | 11,0 | 8 | II | у | IV – выделения метана отсутствуют |
| 71 | | | 3,4 × 4,0 | 11,8 | 6 | III | с | |
| 72 | | | 3,2 × 4,0 | 11,0 | 12 | I | у | II – выделения метана отсутствуют |
| 73 | | | 4,2 × 4,4 | 16,4 | 1,5 (уголь) | IV | с | I |
| 74 | | | 4,0 × 4,2 | 14,9 | 4 | IV | у | I |
| 75 | | | 4,2 × 4,4 | 16,4 | 6 | III | с | II |
| 76 | | | 4,0 × 4,2 | 14,9 | 8 | II | с | IV – выделения метана отсутствуют |
| 77 | | | 3,8 × 4,4 | 14,6 | 7 | II | о | III |
| 78 | | | 4,2 × 5,0 | 18,3 | 8 | IV | с | I |
| 79 | | | 3,8 × 4,4 | 14,6 | 10 | I | о | II – выделения метана отсутствуют |
| 80 | | | 3,4 × 4,0 | 11,8 | 10 | II | о | |

[*] Рекомендации для вычерчивания контура поперечного сечения выработки приведены в Приложении 4.
[**] В столбце 8 «Обводнённость пород» приняты следующие обозначения: с – сухие, у – увлажнённые и о – обводнённые.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4**

**Формы поперечного сечения горизонтальных выработок**




$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
*а* – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
*б* – трапецевидная;
*в* – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок приведены в табл. П4.1.

Таблица П4.1

| Форма поперечного сечения выработки | Площадь поперечного сечения | Периметр |
|---|---|---|
| Сводчатая с коробовым сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$ |
| Трапециевидная | $\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$ | $B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$ |
| Арочная с полуциркульным сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$ |

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадьевич
Лещуков Николай Николаевич

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,6. Уч.-изд. л. 3,28. Тираж 400. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

*Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС* УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

*Разрушение горных пород:* Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 59 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов и выполнению практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Разрушение горных пород».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Лещуков Н.Н.,
© Прищепа Д. В.

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ..... 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ ..... 19
Практико-ориентированное задание №1 ..... 19
Практико-ориентированное задание №2 ..... 23
Практико-ориентированное задание №3 ..... 26

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них 89 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Разрушение горных пород» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы*. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Разрушение горных пород». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

**Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.**

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

***Литература:*** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

**Тема 2. Современные виды взрывных работ.**

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

**Литература:** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

**Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.**

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

**Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.**

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

**Тема 4. Вращательный способ бурения.**

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

**Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.**

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий полдачи на инструмент.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

**Тема 6. Шарошечное бурение.**

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

**Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.**

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

**Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.**

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

***Контрольные вопросы:***

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

**Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.**

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

**Литература:** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

**Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.**

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

**Литература:** [1, 2, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

**Тема 11. Основные положения теории детонации.**

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

**Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.**

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

**Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.**

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

**Тема 14. Работа взрыва.**

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

**Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.**

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.**

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

**Тема 17. Действие взрыва.**

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

**Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.**

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

**Литература:** [1, 2, 4, 6]

***Контрольные вопросы:***

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

**Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

**Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

**Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.**

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

**Тема 22. Методы производства взрывных работ.**

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

**Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.**

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

**Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным спопобом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

**Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

**Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.**

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

**Тема 27. Метод камерных зарядов.**

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

**Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.**

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

**Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.**

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

***Контрольные вопросы:***

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

**Тема 30. Персонал для взрывных работ.**

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

***Контрольные вопросы:***

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

## 3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

### Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

***Краткая теория***

***Определение кислородного баланса***

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; $M_{BB}$ – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль;}$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль.}$$

*Пример 1.* Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

*Пример 2.* Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры $NH_4NO_3$ и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

### *Составление рецептуры промышленных ВВ*

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделятся не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{DT}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]},$$

где $\text{КБ}_{DT}$ – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

$$94{,}1\%\ \text{аммиачной селитры};\ 5{,}9\%\ \text{дизельного топлива}.$$

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры ($NH_4NO_3$) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\ (-74\%) + (100 - x)\ 20\% = 0,$$

где $x$ – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через $y$, число молей тротила через $z$. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3.$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры $NH_4NO_3$; 3% солярового масла $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла $x$, аммиачной селитры $y$, алюминиевой пудры $z$, можно написать химическую формулу в виде

$$y NH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3};\quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда y = 83,9$x$; $z$ = 22,4$x$.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

## Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

### *Краткая теория*

*Расчет идеальной работоспособности ВВ*

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями ($dQ$). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$\text{А}_\text{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от $T_1$ до $T_2$;

$T_1$ - начальная температура взрыва;

$T_2$ - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида $pV'$ = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{взр}}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

$V_1$ и $V_2$ - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м$^3$/кг;

$P_1$ и $P_2$ - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета $A_u$ конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе ($P_2$ = 1,01·10$^5$Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{\text{взр}} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности ($A_u$) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, *y= Cp/Cv*. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то *y* = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то *y* = 1,2. Величина *y* снижается (соответственно снижается $A_u$ и $\eta$), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях *y* = 1,15, и 1,05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м$^3$ и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{пв}$= 0,86 м$^3$/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600$^o$ К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

**Практико-ориентированное задание №3**

Расчет параметров и составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель: овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

***Краткая теория***

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

### *3.1. Общие положения*

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа

бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

## *3.2. Определение параметров буровзрывных работ*

### *3.2.1. Выбор взрывчатых материалов*

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 3.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 3.1

**Рекомендуемые ВВ**

| Условия взрывных работ | Условия размещения зарядов | Коэффициент крепости пород *f* | Тип ВВ | Способ заряжания |
|---|---|---|---|---|
| Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли | Сухие шпуры | до 12 | Гранулит М<br>Граммонит 79/21<br>Гранулит АС-4В<br>Гранулит-игданит | Механизированный |
| | | | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Гранулит АС-8В | Механизированный |
| | | | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | Ручной |
| | Обводнённые шпуры | до 12 | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | |
| Выработки, опасные по взрыву газа и пыли | Сухие и обводнённые шпуры | Для взрывания по породе | Аммонит АП–5ЖВ | Ручной |
| | | Для взрывания по углю с учетом степени опасности | IV кл. Аммонит Т-19<br>Аммонит ПЖВ-20<br>V кл. Угленит Э-6<br>VI кл. Угленит 12ЦБ | |
| | Для водораспыления | Открытый заряд | Ионит | |

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Характеристики ВВ**

| Наименование ВВ | Идеальная работа взрыва, кДж/кг | Плотность в патронах или насыпная, кг/м$^3$ | Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг | Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м$^3$ | Расстояние передачи детонации между патронами, см | | Диаметр патронов, мм | Масса патрона, кг | Длина патрона, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Сухие | После выдержки в воде | | | |
| Аммонит № 6ЖВ | 3561 | 1000-1100 | 3917 | 1,0 | 5-9 | 3-6 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал М-10 | 4410 | 950-1100 | 4520 | 1,15 | 4 | 3 | 32 | 0,2 | 250 |
| Детонит М | 4316 | 1000-1200 | 4963 | 1,27 | 8-18 | 5-15 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал скальный № 1 | 4420 | 1000-1100 | 4641 | 1,18 | 8-14 | 5-10 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонит АП-5ЖВ | 2991 | 1000-1150 | 3215 | 0,82 | 5-10 | 2-7 | 36 | 0,3 | 250 |
| Аммонит Т-19 | 2564 | 1000-1200 | 2820 | 0,72 | 7-12 | 4-8 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит Э-6 | 1946 | 1100-1250 | 2289 | 0,58 | 5-12 | 3-10 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит 12 ЦБ | 1770 | 1200-1350 | 2256 | 0,58 | 4 | 2 | 36 | 0,3 | 240 |
| Ионит | 1482 | 1000-1200 | 1704 | 0,44 | – | – | 36 | 0,3 | 240 |
| Гранулит М | 3163 | 780-820 (1000-1150)* | 3384 | 0,86 | | | | | |
| Гранулит АС-4В | 3645 | 800-850 (1100-1200)* | 4192 | 1,07 | | | | | |
| Гранулит АС-8В | 3997 | 800-850 (1100-1200)* | 4597 | 1,17 | | | | | |
| Гранулит-игданит | 3150 | 800-850 (1100-1200)* | 3760 | 0,85 | | | | | |

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 3.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 3.3

**Электродетонаторы для шахт и рудников**

| Тип электродетонаторов | Кол-во серий | Интервалы замедления, мс (с) | Безопасный ток, А | Гарантийный ток, А | Сопротивление, Ом | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ЭД-8Ж(Э) | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности |
| ЭД-3-Н | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭД-1-8-Т | 1 | 0 | 1,0 | 5,0 | 0,5-0,75 | Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам |
| ЭД-3-Т | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭДКЗ-ОП | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности |
| ЭДКЗ-П | 5 | 25, 50, 75, 100, 125 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭДКЗ-ПМ | 7 | 15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭД-КЗ-ПКМ | 9 | 4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 3.4

**Характеристики систем неэлектрического инициирования**

| Устройство | Интервал замедления, мс | Назначение |
|---|---|---|
| СИНВ-Ш | 0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | Изготовление патронов-боевиков |
| ДБИ3 | 0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | |

*Примечание.* Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

### 3.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 3.5.

Таблица 3.5

**Тип вруба и глубина шпуров**

| Тип буровой техники | Сечение выработки, м$^2$ | |
|---|---|---|
| | менее 6 | более 6 |
| Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла | Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м | Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м |
| Установки механизированного бурения | – | Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины |

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки ($B$) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 $B$, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м$^2$) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 1.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

### 1.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

#### 1.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 3.6.

Таблица 3.6

**Параметры вертикального клинового вруба**

| Группа крепости пород по СНиП | Коэффициент крепости пород *f* | Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм | Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$) | | Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | до 12 | более 12 | |
| IV-V | 1-6 | 500 | 4 | 4-6 | 75-70 |
| VI | 6-8 | 450 | 4-6 | 6-8 | 68 |
| VII | 8-10 | 400 | 6-8 | 8-10 | 65 |
| VIII | 10-13 | 350 | 8-10 | 10-12 | 63 |
| IX | 13-16 | 300 | 10-12 | 12-14 | 60 |
| X | 16-18 | 300 | 10-12 | 12-14 | 58 |
| XI | 20 | 250 | 10-12 | 12-14 | 55 |

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (3.1)$$

где $e$ – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 1.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

$d$ – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 3.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 3.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 1.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (3.2)$$

где $B$ – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица3.7

**Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м**

| Ширина выработки, м | Коэффициент крепости пород *f* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 2,0 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| 3,0 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 3,5 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| 4,0 | 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| 4,5 | 3,2 | 2,9 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 2,0 | 1,9 |
| 5,0 | 3,5 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,1 |

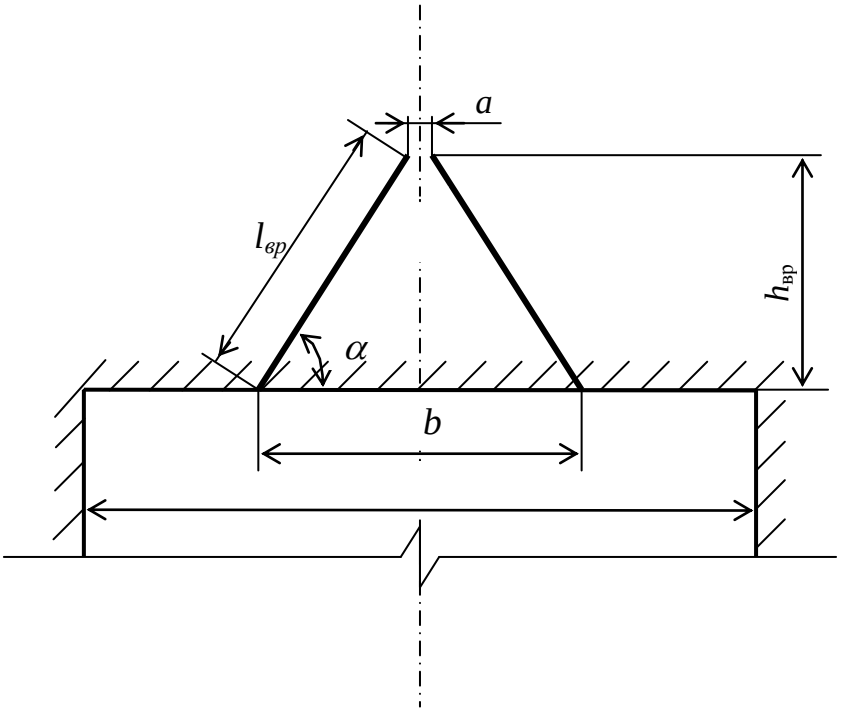



Рис. 3.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (3.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (3.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \quad (3.5)$$

где *а* – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород *а* = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров $\alpha$.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

### 3.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 1.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние $W_1$) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 1.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние $W_1$, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (1.1).

Пробивные расстояния $W_1$ учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе ($W_1$, $W_2$, $W_3$ и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

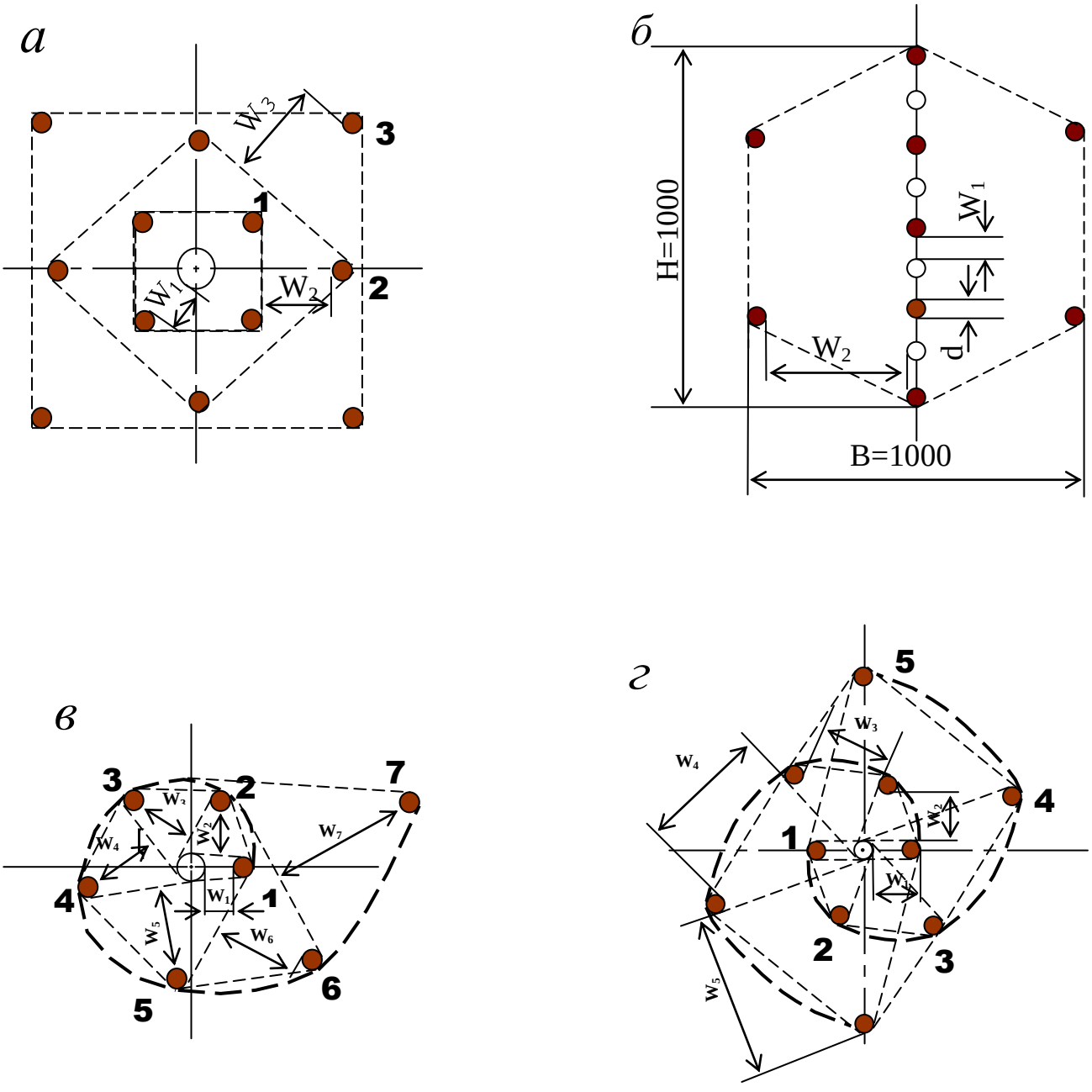



Рис. 3.2. Конструкции прямых врубов:
*а* – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
*г* – двойной спиральный

Таблица 3.8

**Пробивные расстояния $W_1$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 115 | 100 | 90 | 80 | 60 | 60 | 55 |
| 51 | 125 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 65 |
| 56 | 150 | 130 | 110 | 95 | 90 | 85 | 75 |
| 75 | 170 | 150 | 130 | 105 | 100 | 95 | 85 |
| 105 | 190 | 170 | 150 | 120 | 110 | 105 | 95 |
| 125 | 230 | 200 | 170 | 140 | 120 | 110 | 100 |

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (3.6)$$

где $W_1$ – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 1.7);

$D_x$ – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

$d$ – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния ($W_2$, $W_3$ и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 1.2) в масштабе 1:5.

Таблица 3.9

**Пробивные расстояния $W_2$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 170 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 | 110 |
| 51 | 180 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 |
| 56 | 210 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 |
| 75 | 260 | 210 | 200 | 185 | 170 | 150 | 140 |
| 105 | 300 | 260 | 240 | 215 | 200 | 185 | 175 |
| 125 | 340 | 300 | 270 | 250 | 230 | 220 | 215 |

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

**Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм**

| Диаметр шпуров, мм | Коэффициент крепости пород *f* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 1000-900 | 800 | 700 | 650 | 600 | 550 | 500 |

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м$^2$ необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 1.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{3.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{3.8}$$

где $H$ – высота вруба, мм;

$W_1$ – пробивное расстояние, мм;

$d$ – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 3.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние $W_2$ для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 3.11.

В породах с $f$ >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 3.11

**Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами**

| Условия взрывания | Класса ВВ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | II | III-IV | V | VI |
| По углю | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| По породе: | | | | |
| при $f$ <7 | 0,5 | 0,45 | 0,3 | 0,25 |
| при $f$ >10 | 0,4 | 0,3 | – | – |

В породах с коэффициентом крепости $f$ < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 3.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

### 3.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (3.9)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, кг/м$^3$;

$f$ – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (3.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

$f_1$ – коэффициент структуры породы;

$v$ – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

$e$ – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (3.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

$\rho$, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м$^3$.

Необходимые данные для расчета величины $e$ принимают из табл. 3.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (3.10) и в табл. 3.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы $f_1$ принимается из табл. 3.12.

Таблица 3.12

**Коэффициент структуры породы $f_1$**

| Характеристика пород | Категория пород | Коэффициент структуры породы $f_1$ |
|---|---|---|
| Монолитные, крепкие, вязкие, упругие | I | 1,6 |
| Трещиноватые, крепкие | II | 1,2-1,4 |
| Массивно-хрупкие | III | 1,1 |
| Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов | IV | 0,8-0,9 |

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (3.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м$^2$.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах $v$ = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

**При щелевом врубе на полную высоту выработки** для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (3.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v$ = 1,4.

**Прямые (дробящие) врубы** требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (3.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $v$ = 1,1–1,4.

### 3.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 1.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

### 3.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (3.12)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м$^3$;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$\gamma$ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (3.13)$$

где $d$ – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 3.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м$^3$.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с $f$ = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (3.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 3.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 3.13

**Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок**

| Коэффициент крепости пород $f$ | Сечение выработки вчерне, м$^2$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 2-4 | 8-11 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 35-42 |
| 5-7 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 39-42 | 43-46 |
| 8-10 | 16-20 | 21-26 | 27-32 | 33-37 | 38-42 | 42-46 | 47-50 |
| 12-14 | 20-24 | 26-30 | 32-36 | 37-42 | 42-46 | 46-50 | 50-54 |
| более 14 | 26-28 | 32-36 | 36-40 | 44-48 | 48-52 | 52-54 | 56-60 |

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (3.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м$^2$;

$N$, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87$^o$ к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

**При применении прямых врубов** количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (3.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м$^2$.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

### 3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (3.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (3.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (3.19)$$

где $d$ – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

$\rho$ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

$\alpha$ – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \qquad (3.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \qquad (3.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \qquad (3.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \qquad (3.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \qquad (3.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\,, \qquad (3.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \qquad (3.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м$^2$, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 3.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м$^3$ взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (3.27)$$

Таблица 3.14

**Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом**

| Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м$^2$ | Коэффициент крепости пород $f$ | | |
|---|---|---|---|
| | 1–2 | 2–9 | 10–20 |
| до 8 | 5* | 10 | 12 |
| от 8 до 15 | 4 | 8 | 10 |
| более 15 | 3 | 5 | 7 |

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (3.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м$^3$ взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (3.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (3.30)$$

где $B$ – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

## 3.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 3.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (3.31)$$

где $R$ – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172\cdot10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286\cdot10^{-6}$ и для стальных $0{,}12\cdot10^{-6}$ Ом·м;

$l$ – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

$S$ – сечение проводов, м$^2$.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 1.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 3.15

**Взрывные приборы и машинки**

| Наименование прибора (исполнение) | Напряжение, В | Масса, кг | Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---|---|---|---|---|
| Конденсаторный взрывной прибор<br>КВП-1/100М (РВ)<br>КВП-2/200М (РН) | <br>600<br>1700 | <br>2<br>2,5 | <br>320<br>1700 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли |
| Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ) | 610 | 2,7 | 320 | |
| Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН) | 1600 | 3,0 | 200 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли |

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{3.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{3.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{3.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{3.35}$$

где $I$ – сила тока в электровзрывной сети, А;

$E$ – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

$R$ – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

$n$ – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

$m$ – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

$i$ – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

$r$ – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{3.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (3.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 3.16

**Характеристики проводов для электровзрывания**

| Обозначение | Назначение | Диаметр жилы, мм | Площадь сечения, мм$^2$ | Сопротивление 1 м провода, Ом/м |
|---|---|---|---|---|
| ВП-05 | соединительные | 0,5 | 0,196 | 0,090 |
| ВП-08 | магистральные | 0,8 | 0,502 | 0,034 |
| ВП-07х2 | магистральные | 0,7х2 | 0,769 | 0,024 |

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{3.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{3.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

## 3.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 3.17

**Область применения бурильных машин и установочных приспособлений**

| Коэффициент крепости пород | Тип бурильных машин и установочных приспособлений |
|---|---|
| 1,5–3 | Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках |
| 4–6 | Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 7–9 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 10–20 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах |

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с $f$ <8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с $f$ < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с $f$ = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с $f$ = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с $f$ = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 3.2 – 3.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м$^2$ площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м$^2$ площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 3.18

**Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | Тип бурильной установки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | УБШ-204 (БУЭ-1М) | УБШ-214А | УБШ-308У (1СБУ-2) | УБШ-303 (1БУР-2) | УБШ-254 | УБШ-332Д |
| Коэффициент крепости пород $f$ | 4-8 | 4-16 | 8-14 | 4-16 | 8-14 | 8-14 |
| Диаметр шпуров, мм | 42 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 |
| Длина шпуров, м | 2,75 | 2,75 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | 3,0 |

| Зона бурения, м$^2$ | | 6-12 | 4,2-12 | до 20 | до 20 | до 12 | 8-22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бурильная машина | тип | БУЭ | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | «Норит-1» (гидравл.) | М2 (БГА-2М) |
| | кол-во | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | рельс. | рельс. | гусен. | рельс. | гусен. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: длина | | 8,2 | 6,0 | 7,8 | 7,1 | 7,2 | 11,0 |
| ширина | | 1,3 | 1,0 | 1,6 | 1,15 | 1,4 | 1,75 |
| высота | | 0,9 | 1,5 | 1,7 | 1,65 | 1,8 | 2,3 |
| Масса, т | | 5,4 | 4 | 8,6 | 5 | 7,2 | 12 |

Таблица 3.9

**Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | | Тип бурильной установки | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Minimatic 205-40 | Mini 206-60 | Paramatic 305-60 | Rocket Bomer 104S | Rocket Bomer 282S |
| Коэффициент крепости пород *f* | | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 |
| Диаметр шпуров, мм | | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 |
| Длина шпуров, м | | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 4,0 | 4,0 |
| Высота обуривания, м | | 6,0 | 6,4 | 7,1 | 4,7 | 6,3 |
| Ширина обуривания, м | | 8,8 | 9,8 | 10,4 | 4,7 | 8,7 |
| Зона бурения, м$^2$ | | 8-49 | 8-60 | 12-68 | до 20 | до 45 |
| Бурильная машина | тип | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | COP 1838 ME пневмат. | COP 1838 ME пневмат. |
| | кол-во | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: длина | | 12,3 | 12,7 | 5,3 | 9,8 | 12,1 |
| ширина | | 1,98 | 2,24 | 2,5 | 2,0 | 2,0 |
| высота | | 2,35 | 2,35 | 2,8 | 2,6 | 3,1 |
| Масса, т | | 19 | 20 | 36 | 14 | 18 |

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м$^2$.

## 3.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

*Пример оформления графической части:*

**Паспорт**
**буровзрывных работ на проведение**

_____

(*наименование выработки*)

**1. Характеристика выработки**

1.1. Форма сечения выработки _____

1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м$^2$ _____

1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____

- ширина, м _____

1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

**2. Характеристика пород**

2.1. Наименование пород _____

2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____

2.3. Трещиноватость пород _____

2.4. Обводнённость пород _____

**3. Исходные данные**

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____

3.2. Способ взрывания _____

3.3. Диаметры - шпуров, мм _____

- патронов, мм _____

3.4. Тип вруба _____

3.5. Материал забойки _____

3.6. Схема соединения электродетонаторов _____

3.7. Источник электрического тока _____

**4. Расчётные данные по шпурам**

| №№ шпуров | Наименование шпуров по назначению | Глубина шпуров, м | Угол наклона шпуров, град. | Расстояние между шпурами, м | Величина заряда в шпуре, кг | Длина заряда, м | Длина забойки в шпуре, м | Очередность взрывания, интервал замедления, мс | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |

**5. Схема расположения шпуров**

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

**6. Конструкции зарядов**

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

## 7. Основные показатели буровзрывных работ

| № п/п | Показатели | Единица измерения | Количество |
|---|---|---|---|
| 1 | Коэффициент использования шпуров | - | |
| 2 | Подвигание забоя за взрыв | - | |
| 3 | Объём горной массы за взрыв | $м^3$ | |
| 4 | Количество шпуров на цикл | шт. | |
| 5 | Количество шпурометров на цикл | м | |
| 6 | Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки | м шп./м | |
| 7 | Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы | м шп./$м^3$ | |
| 8 | Расход ВВ на цикл | кг | |
| 9 | Расход ВВ на 1 метр выработки | кг/м | |
| 10 | Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы | кг/$м^3$ | |
| 11 | Расход средств инициирования на цикл:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |
| 12 | Расход средств инициирования на 1 метр выработки:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |

## 8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

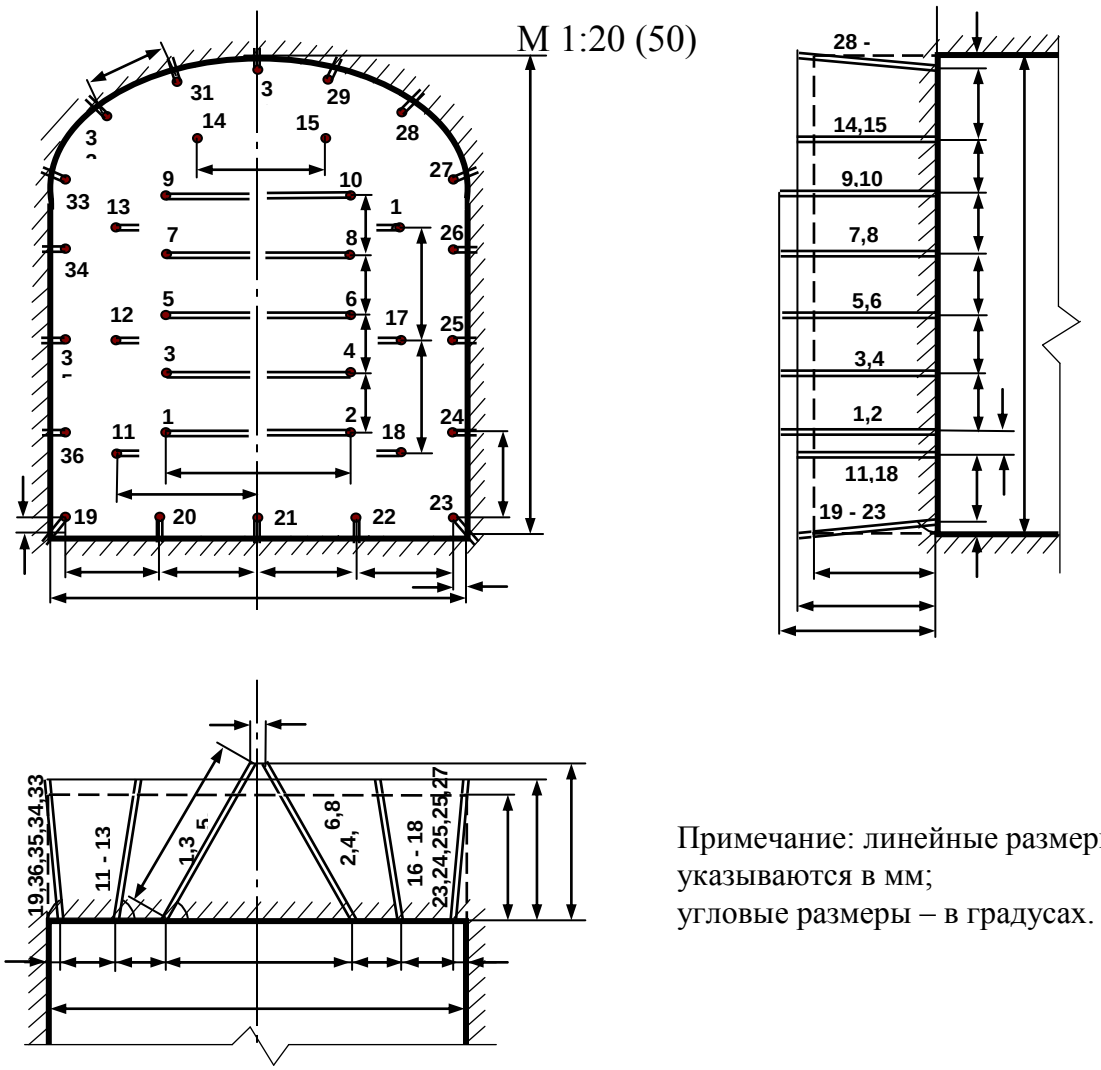
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

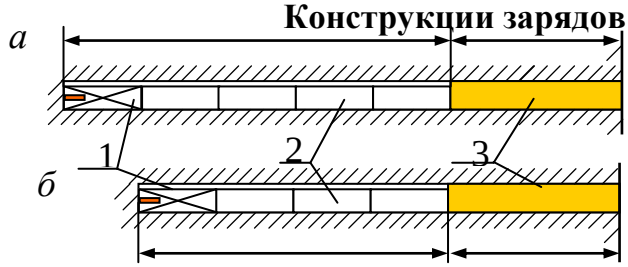
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

**Схема расположения шпуров**




Примечание: линейные размеры
указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

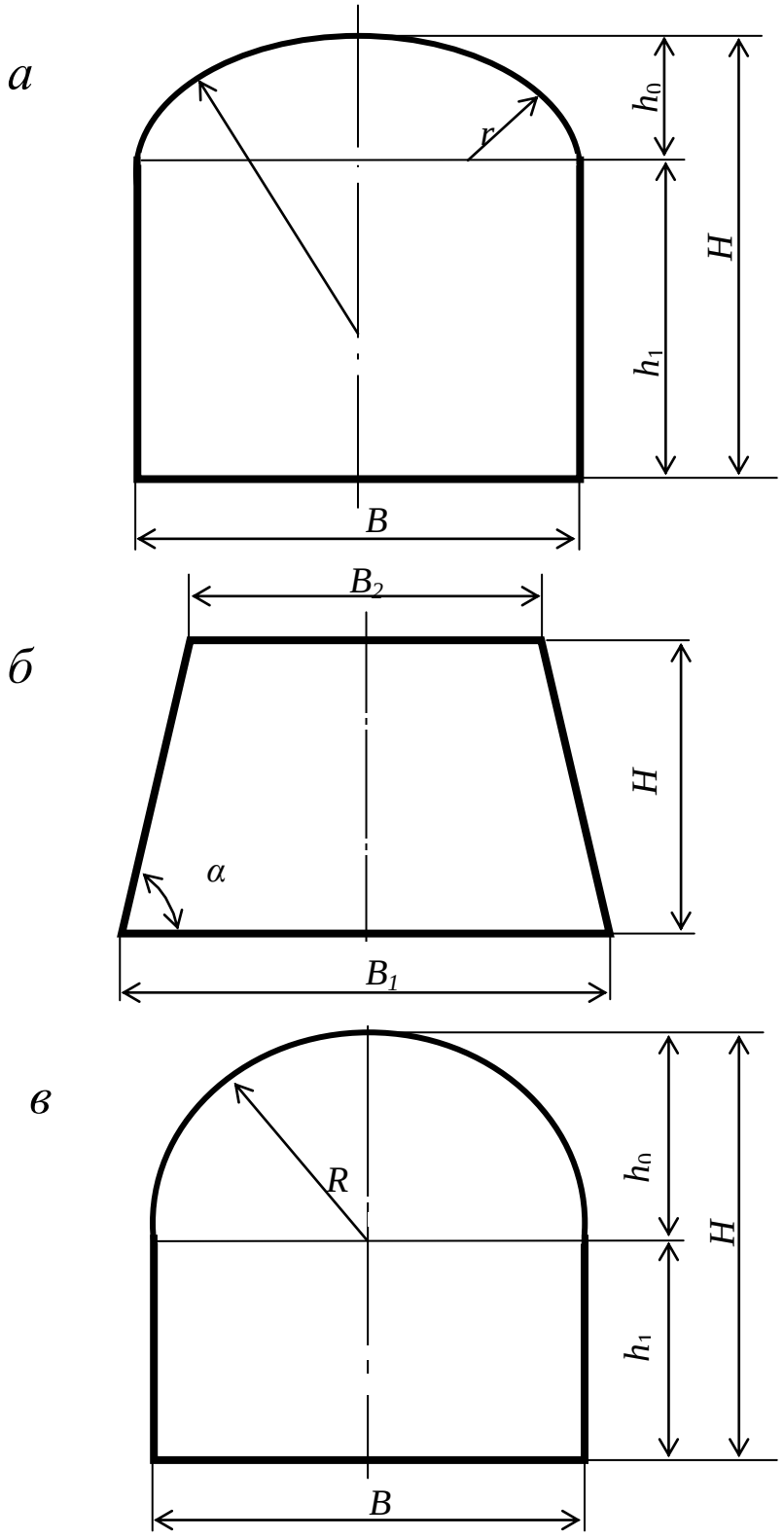
**Конструкции зарядов**




*а* – врубовые шпуры;
*б* – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

*Примечание*. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

**Формы поперечного сечения горизонтальных выработок**




$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
*а* – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
*б* – трапецевидная;
*в* – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

| Форма поперечного сечения выработки | Площадь поперечного сечения | Периметр |
|---|---|---|
| Сводчатая с коробовым сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$ |
| Трапециевидная | $\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$ | $B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$ |
| Арочная с полуциркульным сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$ |

## Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Лещуков Николай Николаевич
Прищепа Дмитрий ВЯчеславович

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Редактор *Д. В. Прищепа*

Подписано в печать «__»_____2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

# ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«19» апреля 2019 г.

Председатель комиссии

ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

# ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

*Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС* УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Технология и безопасность взрывных работ».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Азанов М.А.,
© Прищепа Д. В.

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ..... 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ ..... 19
Практико-ориентированное задание №1 ..... 19
Практико-ориентированное задание №2 ..... 23
Практико-ориентированное задание №3 ..... 26
Практико-ориентированное задание №4 ..... 30
Практико-ориентированное задание №5 ..... 32

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Технология и безопасность взрывных работ» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы*. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

**Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.**

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

***Литература:*** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

**Тема 2. Современные виды взрывных работ.**

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

**Литература:** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

**Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.**

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

**Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.**

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

**Тема 4. Вращательный способ бурения.**

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

**Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.**

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий полдачи на инструмент.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

**Тема 6. Шарошечное бурение.**

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

**Литература:** [1, 5]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

**Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.**

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

**Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.**

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

***Контрольные вопросы:***

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

**Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.**

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

**Литература:** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

**Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.**

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

**Литература:** [1, 2, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

**Тема 11. Основные положения теории детонации.**

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

**Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.**

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

**Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.**

Группы факторов, влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

**Тема 14. Работа взрыва.**

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

**Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.**

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.**

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

**Тема 17. Действие взрыва.**

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

**Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.**

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

**Литература:** [1, 2, 4, 6]

***Контрольные вопросы:***

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

**Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

**Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

**Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.**

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

**Литература:** [1, 2, 7]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

**Тема 22. Методы производства взрывных работ.**

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

**Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.**

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

**Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным спопобом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

**Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

**Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.**

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

**Тема 27. Метод камерных зарядов.**

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

**Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.**

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

**Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.**

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

***Контрольные вопросы:***

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

**Тема 30. Персонал для взрывных работ.**

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

***Контрольные вопросы:***

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

## 3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

### Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

***Краткая теория***

***Определение кислородного баланса***

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; $M_{BB}$ – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль;}$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль.}$$

*Пример 1.* Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

*Пример 2.* Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры $NH_4NO_3$ и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

### *Составление рецептуры промышленных ВВ*

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделятся не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{DT}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]},$$

где $\text{КБ}_{DT}$ – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

$$94{,}1\%\ \text{аммиачной селитры};\ 5{,}9\%\ \text{дизельного топлива}.$$

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры ($NH_4NO_3$) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\ (-74\%) + (100 - x)\ 20\% = 0,$$

где $x$ – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через $y$, число молей тротила через $z$. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3.$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры $NH_4NO_3$; 3% солярового масла $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла $x$, аммиачной селитры $y$, алюминиевой пудры $z$, можно написать химическую формулу в виде

$$y NH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3};\quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда y = 83,9$x$; $z$ = 22,4$x$.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

## Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

### *Краткая теория*

*Расчет идеальной работоспособности ВВ*

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями ($dQ$). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$\text{А}_\text{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от $T_1$ до $T_2$;

$T_1$ - начальная температура взрыва;

$T_2$ - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида $pV'$ = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{взр}}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

$V_1$ и $V_2$ - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м$^3$/кг;

$P_1$ и $P_2$ - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета $A_u$ конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе ($P_2$ = 1,01·10$^5$Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{\text{взр}} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности ($A_u$) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $y = Cp/Cv$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то $y$ = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то $y$ = 1,2. Величина $y$ снижается (соответственно снижается $A_u$ и $\eta$), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях $y$ = 1,15, и 1,05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м$^3$ и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{пв}$= 0,86 м$^3$/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600$^o$ К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

## Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

***Цель работы*** – овладение методикой проектирования параметров буровзрывных работ при открытой разработке месторождений скважинным способом

## Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости $f$ > 14-16 наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

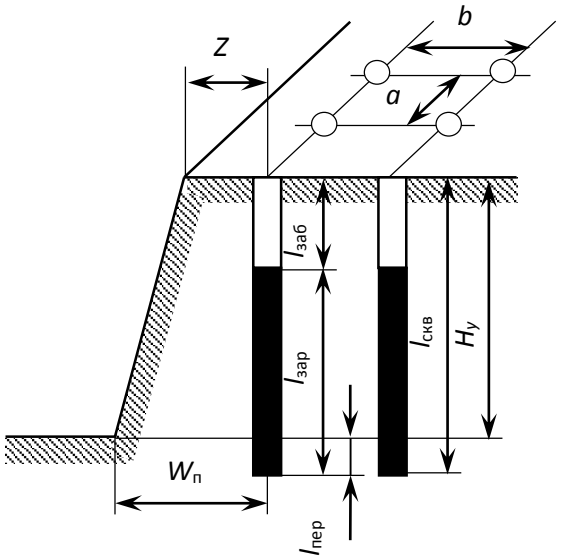



Рис. 3.1 Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м; $W_п$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП); $a$ – расстояние между скважинами, м; $b$ – расстояние между рядами скважин, м; $Z$ – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м; $l_{зар}$ – длина заряда, м; $l_{пер}$ – длина перебура, м; $l_{заб}$ – длина забойки, м; $l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м; $\alpha$ - угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение

относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

**Эталонный удельный расход ВВ, кг/м$^3$**

| Категория пород по степени трещиноватости | Коэффициент крепости горных пород $f$ по шкале проф. М. М. Протодьяконова | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 - 6 | 6 - 10 | 10 – 14 | более 14 |
| I | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 |
| II | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| III | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,67 |
| IV | 0,67 | 0,75 | 0,8 | 0,9 |
| V | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |

***Реальный удельный расход ВВ*** рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2{,}6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м$^3$;

$e$ – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \qquad (3.2)$$

$A_{эт}$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

$k_d$ - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – плотность горных пород, т/м$^3$.

Таблица 3.2

**Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска $k_d$**

| Допустимый размер крупных кусков, мм | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_d$ | 1,3 | 1,0 | 0,85 | 0,75 | 0,7 | 0,65 |

***Диаметр заряда*** определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{скв}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{зар} = k_р d_{скв}, \quad (3.3)$$

где $k_р$ = 1,06 – ($f$ – 2) 0,003 – коэффициент расширения скважин.

**Удельная вместимость 1 м скважины:**

$$P = 0{,}785 \cdot d_{зар}^2 \cdot \Delta, \quad (3.4)$$

где Δ, кг/м$^3$ - плотность заряда в скважине.

***Линия сопротивления по подошве*** (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_п = 0{,}9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_р}}, \quad (3.5)$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве ($W_{min}$) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha + Z, \quad (3.6)$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

$Z$ – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_п$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{min} < W_п. \quad (3.7)$$

Если значения $W_{min} > W_п$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

***Глубина перебура:***

$$l_{пер} = 0{,}6 \cdot d_{скв} \cdot f + 0{,}75. \quad (3.8)$$

***Глубина скважины:***

$$l_{\text{скв}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}} \tag{3.9}$$

***Масса заряда в скважине:***

$$Q = l_{\text{скв}} \cdot P \cdot k_{\text{зап}} \tag{3.10}$$

где $k_{зап}$ – коэффициент заполнения скважины, принимаемый по таблице 3.3.

Таблица 3.3

**Коэффициент заполнения скважин**

| Категория блочности | Высота уступа | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| **1** | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,53 |
| **2** | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,58 |
| **3** | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,63 |
| **4** | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,67 | 0,68 |
| **5** | 0,67 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 0,72 |

***Длина заряда:***

$$l_{\text{зар}} = l_{\text{скв}} \cdot k_{\text{зап}} \tag{3.11}$$

***Длина забойки:***

$$l_{\text{заб}} = l_{\text{скв}} - l_{\text{зар}} \tag{3.12}$$

***Расстояние между скважинами:***

При квадратной сетке расположения, расстояния между рядами скважин ($b$) равно расстоянию между скважинами в ряду ($a$), тогда:

$$S_{a \cdot b} = \frac{Q}{H_{\text{у}} \cdot q_{\text{р}}} \tag{3.13}$$

$$S_{a \cdot b} = a \cdot b$$

$$a = b$$

$$a = \sqrt{S_{a \cdot b}}$$

Окончательные расстояния между рядами скважин и между скважинами в ряду округляются с шагом 0,5 м.

***Задание:*** рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

## Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

**Цель работы** – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $h_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_3 = \frac{l_{зар}}{l_c}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$ – глубина скважины, м;

$f$ – коэффициент крепости горных пород;

$h_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_3 = \frac{l_{заб}}{l_н}, \qquad (4.3)$$

$l_{зар}$ – длина забойки, м;

$l_н$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

$d$ – диаметр взрываемой скважины, м;

$a$ – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

**Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при взрывных работах**

| № п/п | Методы взрывных работ | Минимально допустимые радиусы опасных зон, м |
|---|---|---|
| 1. | Наружных зарядов, в том числе кумулятивных | 300 (по проекту) |
| 2. | Шпуровых зарядов | 200 |
| 3. | Котловых шпуров | 200 |
| 4. | Малокамерных зарядов (рукавов) | 200* |
| 5. | Скважинных зарядов | Не менее 200** |
| 6. | Котловых скважин | Не менее 300 |
| 7. | Камерных зарядов | Не менее 300 |

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

**Практико-ориентированное задание №5**

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

**Цель работы** – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

***Краткая теория***

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

### *5.1. Общие положения*

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и

расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

## *5.2. Определение параметров буровзрывных работ*

### *5.2.1. Выбор взрывчатых материалов*

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

**Рекомендуемые ВВ**

| Условия взрывных работ | Условия размещения зарядов | Коэффициент крепости пород *f* | Тип ВВ | Способ заряжания |
|---|---|---|---|---|
| Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли | Сухие шпуры | до 12 | Гранулит М<br>Граммонит 79/21<br>Гранулит АС-4В<br>Гранулит-игданит | Механизированный |
| | | | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Гранулит АС-8В | Механизированный |
| | | | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | Ручной |
| | Обводнённые шпуры | до 12 | Аммонит № 6ЖВ | Ручной |
| | | более 12 | Аммонал М-10<br>Детонит М<br>Аммонал скальный № 1 | |
| Выработки, опасные по взрыву газа и пыли | Сухие и обводнённые шпуры | Для взрывания по породе | Аммонит АП–5ЖВ | Ручной |
| | | Для взрывания по углю с учетом степени опасности | IV кл. Аммонит Т-19<br>Аммонит ПЖВ-20<br>V кл. Угленит Э-6<br>VI кл. Угленит 12ЦБ | |
| | Для водораспыления | Открытый заряд | Ионит | |

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

**Характеристики ВВ**

| Наименование ВВ | Идеальная работа взрыва, кДж/кг | Плотность в патронах или насыпная, кг/м$^3$ | Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг | Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м$^3$ | Расстояние передачи детонации между патронами, см | | Диаметр патронов, мм | Масса патрона, кг | Длина патрона, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Сухие | После выдержки в воде | | | |
| Аммонит № 6ЖВ | 3561 | 1000-1100 | 3917 | 1,0 | 5-9 | 3-6 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал М-10 | 4410 | 950-1100 | 4520 | 1,15 | 4 | 3 | 32 | 0,2 | 250 |
| Детонит М | 4316 | 1000-1200 | 4963 | 1,27 | 8-18 | 5-15 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонал скальный № 1 | 4420 | 1000-1100 | 4641 | 1,18 | 8-14 | 5-10 | 32<br>36 | 0,2<br>0,25 | 250<br>250 |
| Аммонит АП-5ЖВ | 2991 | 1000-1150 | 3215 | 0,82 | 5-10 | 2-7 | 36 | 0,3 | 250 |
| Аммонит Т-19 | 2564 | 1000-1200 | 2820 | 0,72 | 7-12 | 4-8 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит Э-6 | 1946 | 1100-1250 | 2289 | 0,58 | 5-12 | 3-10 | 36 | 0,3 | 240 |
| Угленит 12 ЦБ | 1770 | 1200-1350 | 2256 | 0,58 | 4 | 2 | 36 | 0,3 | 240 |
| Ионит | 1482 | 1000-1200 | 1704 | 0,44 | – | – | 36 | 0,3 | 240 |
| Гранулит М | 3163 | 780-820 (1000-1150)* | 3384 | 0,86 | | | | | |
| Гранулит АС-4В | 3645 | 800-850 (1100-1200)* | 4192 | 1,07 | | | | | |
| Гранулит АС-8В | 3997 | 800-850 (1100-1200)* | 4597 | 1,17 | | | | | |
| Гранулит-игданит | 3150 | 800-850 (1100-1200)* | 3760 | 0,85 | | | | | |

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

**Электродетонаторы для шахт и рудников**

| Тип электродетонаторов | Кол-во серий | Интервалы замедления, мс (с) | Безопасный ток, А | Гарантийный ток, А | Сопротивление, Ом | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ЭД-8Ж(Э) | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности |
| ЭД-3-Н | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭД-1-8-Т | 1 | 0 | 1,0 | 5,0 | 0,5-0,75 | Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам |
| ЭД-3-Т | 36 | 20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с | | | | |
| ЭДКЗ-ОП | 1 | 0 | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности |
| ЭДКЗ-П | 5 | 25, 50, 75, 100, 125 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭДКЗ-ПМ | 7 | 15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |
| ЭД-КЗ-ПКМ | 9 | 4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс | 0,2 | 1,0 | 1,8-3,6 | |

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

**Характеристики систем неэлектрического инициирования**

| Устройство | Интервал замедления, мс | Назначение |
|---|---|---|
| СИНВ-Ш | 0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | Изготовление патронов-боевиков |
| ДБИ3 | 0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 | |

*Примечание.* Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

### 5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

**Тип вруба и глубина шпуров**

| Тип буровой техники | Сечение выработки, м$^2$ | |
|---|---|---|
| | менее 6 | более 6 |
| Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла | Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м | Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м |
| Установки механизированного бурения | – | Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины |

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки ($B$) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 $B$, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м$^2$) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

### 5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

#### 5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

**Параметры вертикального клинового вруба**

| Группа крепости пород по СНиП | Коэффициент крепости пород *f* | Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм | Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$) | | Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | до 12 | более 12 | |
| IV-V | 1-6 | 500 | 4 | 4-6 | 75-70 |
| VI | 6-8 | 450 | 4-6 | 6-8 | 68 |
| VII | 8-10 | 400 | 6-8 | 8-10 | 65 |
| VIII | 10-13 | 350 | 8-10 | 10-12 | 63 |
| IX | 13-16 | 300 | 10-12 | 12-14 | 60 |
| X | 16-18 | 300 | 10-12 | 12-14 | 58 |
| XI | 20 | 250 | 10-12 | 12-14 | 55 |

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (5.1)$$

где $e$ – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

$d$ – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (5.2)$$

где $B$ – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица 5.7

**Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м**

| Ширина выработки, м | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 2,0 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| 3,0 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 3,5 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| 4,0 | 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| 4,5 | 3,2 | 2,9 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 2,0 | 1,9 |
| 5,0 | 3,5 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,1 |

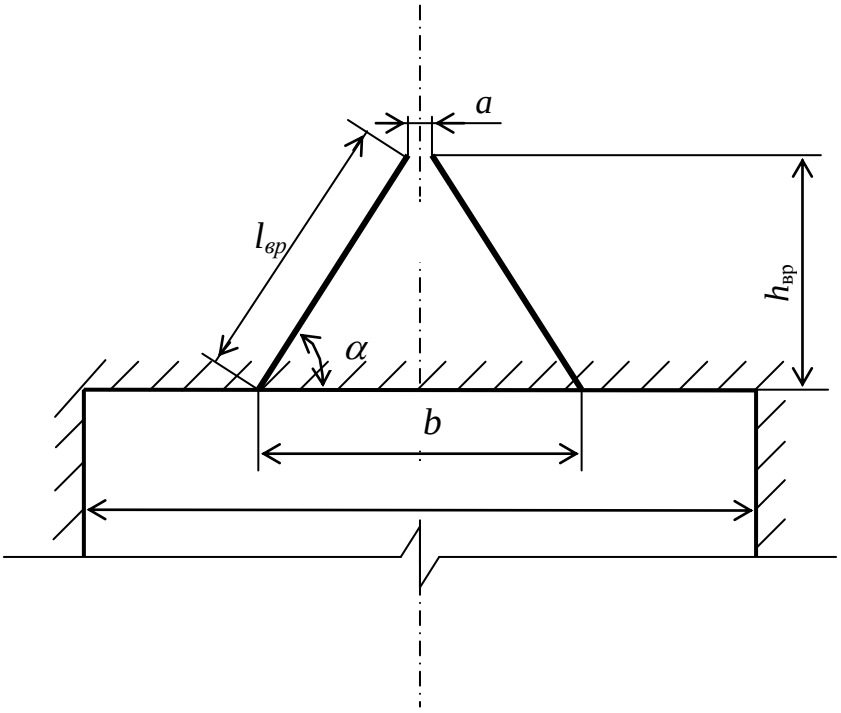



Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (5.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (5.4)$$

где $\alpha$ – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \quad (5.5)$$

где $a$ – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород $a$ = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров $\alpha$.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

### 5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние $W_1$) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние $W_1$, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния $W_1$ учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе ($W_1$, $W_2$, $W_3$ и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

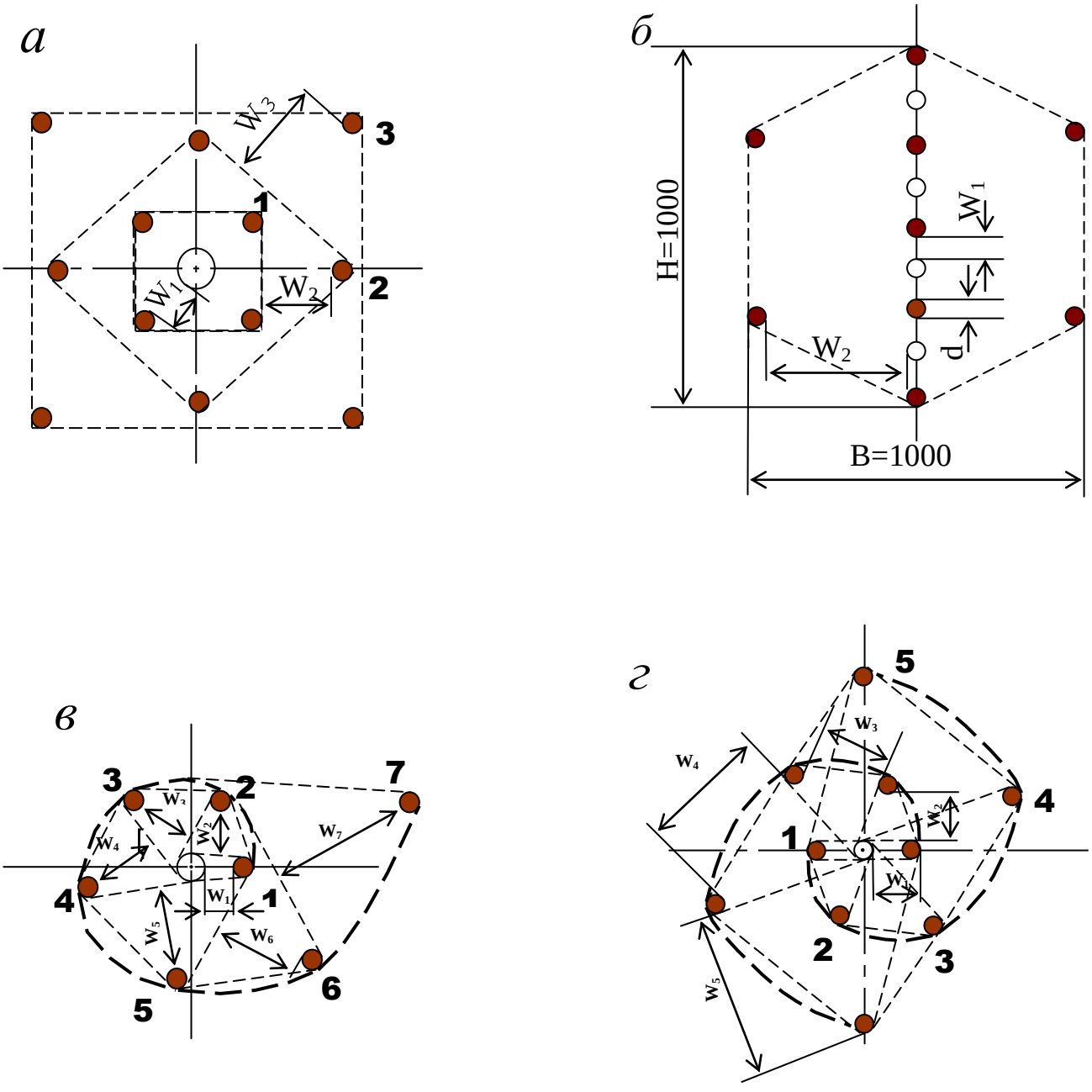



Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
*а* – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
*г* – двойной спиральный

Таблица 5.8

**Пробивные расстояния $W_1$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 115 | 100 | 90 | 80 | 60 | 60 | 55 |
| 51 | 125 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 65 |
| 56 | 150 | 130 | 110 | 95 | 90 | 85 | 75 |
| 75 | 170 | 150 | 130 | 105 | 100 | 95 | 85 |
| 105 | 190 | 170 | 150 | 120 | 110 | 105 | 95 |
| 125 | 230 | 200 | 170 | 140 | 120 | 110 | 100 |

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (5.6)$$

где $W_1$ – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

$D_x$ – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

$d$ – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния ($W_2$, $W_3$ и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Таблица 5.9

**Пробивные расстояния $W_2$, мм**

| Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$, мм | Коэффициент крепости пород $f$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 170 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 | 110 |
| 51 | 180 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 115 |
| 56 | 210 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 |
| 75 | 260 | 210 | 200 | 185 | 170 | 150 | 140 |
| 105 | 300 | 260 | 240 | 215 | 200 | 185 | 175 |
| 125 | 340 | 300 | 270 | 250 | 230 | 220 | 215 |

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

**Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм**

| Диаметр шпуров, мм | Коэффициент крепости пород *f* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 | 13-15 | 16-17 | 18-20 |
| 42 | 1000-900 | 800 | 700 | 650 | 600 | 550 | 500 |

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м$^2$ необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{5.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{5.8}$$

где $H$ – высота вруба, мм;

$W_1$ – пробивное расстояние, мм;

$d$ – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние $W_2$ для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с $f$ >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

**Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами**

| Условия взрывания | Класса ВВ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | II | III-IV | V | VI |
| По углю | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| По породе: | | | | |
| при $f$ <7 | 0,5 | 0,45 | 0,3 | 0,25 |
| при $f$ >10 | 0,4 | 0,3 | – | – |

В породах с коэффициентом крепости $f$ < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

### 5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (5.9)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, кг/м$^3$;

$f$ – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

$f_1$ – коэффициент структуры породы;

$v$ – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

$e$ – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (5.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

$\rho$, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м$^3$.

Необходимые данные для расчета величины $e$ принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы $f_1$ принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

**Коэффициент структуры породы $f_1$**

| Характеристика пород | Категория пород | Коэффициент структуры породы $f_1$ |
|---|---|---|
| Монолитные, крепкие, вязкие, упругие | I | 1,6 |
| Трещиноватые, крепкие | II | 1,2-1,4 |
| Массивно-хрупкие | III | 1,1 |
| Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов | IV | 0,8-0,9 |

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (5.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м$^2$.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах $v$ = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

**При щелевом врубе на полную высоту выработки** для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v$ = 1,4.

**Прямые (дробящие) врубы** требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $v$ = 1,1–1,4.

### 5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

### 5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где $q$ – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м$^3$;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$\gamma$ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (5.13)$$

где $d$ – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м$^3$.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с $f$ = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

**Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок**

| Коэффициент крепости пород $f$ | Сечение выработки вчерне, м$^2$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 2-4 | 8-11 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 35-42 |
| 5-7 | 12-16 | 17-21 | 22-27 | 28-33 | 34-38 | 39-42 | 43-46 |
| 8-10 | 16-20 | 21-26 | 27-32 | 33-37 | 38-42 | 42-46 | 47-50 |
| 12-14 | 20-24 | 26-30 | 32-36 | 37-42 | 42-46 | 46-50 | 50-54 |
| более 14 | 26-28 | 32-36 | 36-40 | 44-48 | 48-52 | 52-54 | 56-60 |

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м$^2$;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м$^2$;

$N$, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87$^o$ к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

**При применении прямых врубов** количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м$^2$.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

### 3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot(S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (5.19)$$

где $d$ – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

$\rho$ – плотность ВВ в заряде, кг/м$^3$;

$\alpha$ – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\,, \quad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (5.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м$^2$, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м$^3$ взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

**Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом**

| Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м$^2$ | Коэффициент крепости пород $f$ | | |
|---|---|---|---|
| | 1–2 | 2–9 | 10–20 |
| до 8 | 5* | 10 | 12 |
| от 8 до 15 | 4 | 8 | 10 |
| более 15 | 3 | 5 | 7 |

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м$^3$ взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (5.30)$$

где $B$ – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

## 5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (5.31)$$

где $R$ – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172\cdot10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286\cdot10^{-6}$ и для стальных $0{,}12\cdot10^{-6}$ Ом·м;

$l$ – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

$S$ – сечение проводов, м$^2$.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

**Взрывные приборы и машинки**

| Наименование прибора (исполнение) | Напряжение, В | Масса, кг | Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом | Назначение и область применения |
|---|---|---|---|---|
| Конденсаторный взрывной прибор<br>КВП-1/100М (РВ)<br>КВП-2/200М (РН) | <br>600<br>1700 | <br>2<br>2,5 | <br>320<br>1700 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли |
| Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ) | 610 | 2,7 | 320 | |
| Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН) | 1600 | 3,0 | 200 | Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли |

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.35}$$

где $I$ – сила тока в электровзрывной сети, А;

$E$ – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

$R$ – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

$n$ – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

$m$ – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

$i$ – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

$r$ – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{5.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 5.16

**Характеристики проводов для электровзрывания**

| Обозначение | Назначение | Диаметр жилы, мм | Площадь сечения, мм$^2$ | Сопротивление 1 м провода, Ом/м |
|---|---|---|---|---|
| ВП-05 | соединительные | 0,5 | 0,196 | 0,090 |
| ВП-08 | магистральные | 0,8 | 0,502 | 0,034 |
| ВП-07х2 | магистральные | 0,7х2 | 0,769 | 0,024 |

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

## 5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

**Область применения бурильных машин и установочных приспособлений**

| Коэффициент крепости пород | Тип бурильных машин и установочных приспособлений |
|---|---|
| 1,5–3 | Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках |
| 4–6 | Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 7–9 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах |
| 10–20 | Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах |

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с $f$ <8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с $f$ < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с $f$ = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с $f$ = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с $f$ = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м$^2$ площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м$^2$ площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

**Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | Тип бурильной установки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | УБШ-204 (БУЭ-1М) | УБШ-214А | УБШ-308У (1СБУ-2) | УБШ-303 (1БУР-2) | УБШ-254 | УБШ-332Д |
| Коэффициент крепости пород $f$ | 4-8 | 4-16 | 8-14 | 4-16 | 8-14 | 8-14 |
| Диаметр шпуров, мм | 42 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 | 42-52 |
| Длина шпуров, м | 2,75 | 2,75 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | 3,0 |

| Зона бурения, м$^2$ | | 6-12 | 4,2-12 | до 20 | до 20 | до 12 | 8-22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бурильная машина | тип | БУЭ | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | М2 (БГА-2М) | «Норит-1» (гидравл.) | М2 (БГА-2М) |
| | кол-во | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | рельс. | рельс. | гусен. | рельс. | гусен. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: длина | | 8,2 | 6,0 | 7,8 | 7,1 | 7,2 | 11,0 |
| ширина | | 1,3 | 1,0 | 1,6 | 1,15 | 1,4 | 1,75 |
| высота | | 0,9 | 1,5 | 1,7 | 1,65 | 1,8 | 2,3 |
| Масса, т | | 5,4 | 4 | 8,6 | 5 | 7,2 | 12 |

Таблица 5.19

**Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

| Характеристики | | Тип бурильной установки | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Minimatic 205-40 | Mini 206-60 | Paramatic 305-60 | Rocket Bomer 104S | Rocket Bomer 282S |
| Коэффициент крепости пород *f* | | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 | 8-20 |
| Диаметр шпуров, мм | | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 | 32-50 |
| Длина шпуров, м | | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 4,0 | 4,0 |
| Высота обуривания, м | | 6,0 | 6,4 | 7,1 | 4,7 | 6,3 |
| Ширина обуривания, м | | 8,8 | 9,8 | 10,4 | 4,7 | 8,7 |
| Зона бурения, м$^2$ | | 8-49 | 8-60 | 12-68 | до 20 | до 45 |
| Бурильная машина | тип | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | HL 510S-45 гидравл. | COP 1838 ME пневмат. | COP 1838 ME пневмат. |
| | кол-во | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Тип платформы | | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. | пневм. |
| Размеры (м) в транспортном положении: длина | | 12,3 | 12,7 | 5,3 | 9,8 | 12,1 |
| ширина | | 1,98 | 2,24 | 2,5 | 2,0 | 2,0 |
| высота | | 2,35 | 2,35 | 2,8 | 2,6 | 3,1 |
| Масса, т | | 19 | 20 | 36 | 14 | 18 |

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м$^2$.

## 5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

*Пример оформления графической части:*

**Паспорт**
**буровзрывных работ на проведение**

_____

(*наименование выработки*)

**1. Характеристика выработки**

1.1. Форма сечения выработки _____

1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м$^2$ _____

1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____

- ширина, м _____

1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

**2. Характеристика пород**

2.1. Наименование пород _____

2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____

2.3. Трещиноватость пород _____

2.4. Обводнённость пород _____

**3. Исходные данные**

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____

3.2. Способ взрывания _____

3.3. Диаметры - шпуров, мм _____

- патронов, мм _____

3.4. Тип вруба _____

3.5. Материал забойки _____

3.6. Схема соединения электродетонаторов _____

3.7. Источник электрического тока _____

**4. Расчётные данные по шпурам**

| №№ шпуров | Наименование шпуров по назначению | Глубина шпуров, м | Угол наклона шпуров, град. | Расстояние между шпурами, м | Величина заряда в шпуре, кг | Длина заряда, м | Длина забойки в шпуре, м | Очередность взрывания, интервал замедления, мс | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |

**5. Схема расположения шпуров**

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

**6. Конструкции зарядов**

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

## 7. Основные показатели буровзрывных работ

| № п/п | Показатели | Единица измерения | Количество |
|---|---|---|---|
| 1 | Коэффициент использования шпуров | - | |
| 2 | Подвигание забоя за взрыв | - | |
| 3 | Объём горной массы за взрыв | $м^3$ | |
| 4 | Количество шпуров на цикл | шт. | |
| 5 | Количество шпурометров на цикл | м | |
| 6 | Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки | м шп./м | |
| 7 | Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы | м шп./$м^3$ | |
| 8 | Расход ВВ на цикл | кг | |
| 9 | Расход ВВ на 1 метр выработки | кг/м | |
| 10 | Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы | кг/$м^3$ | |
| 11 | Расход средств инициирования на цикл:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |
| 12 | Расход средств инициирования на 1 метр выработки:<br>ЭД<br>КД (СИНВ-Ш)<br>детонирующего шнура | <br>шт.<br>шт.<br>м | |

## 8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

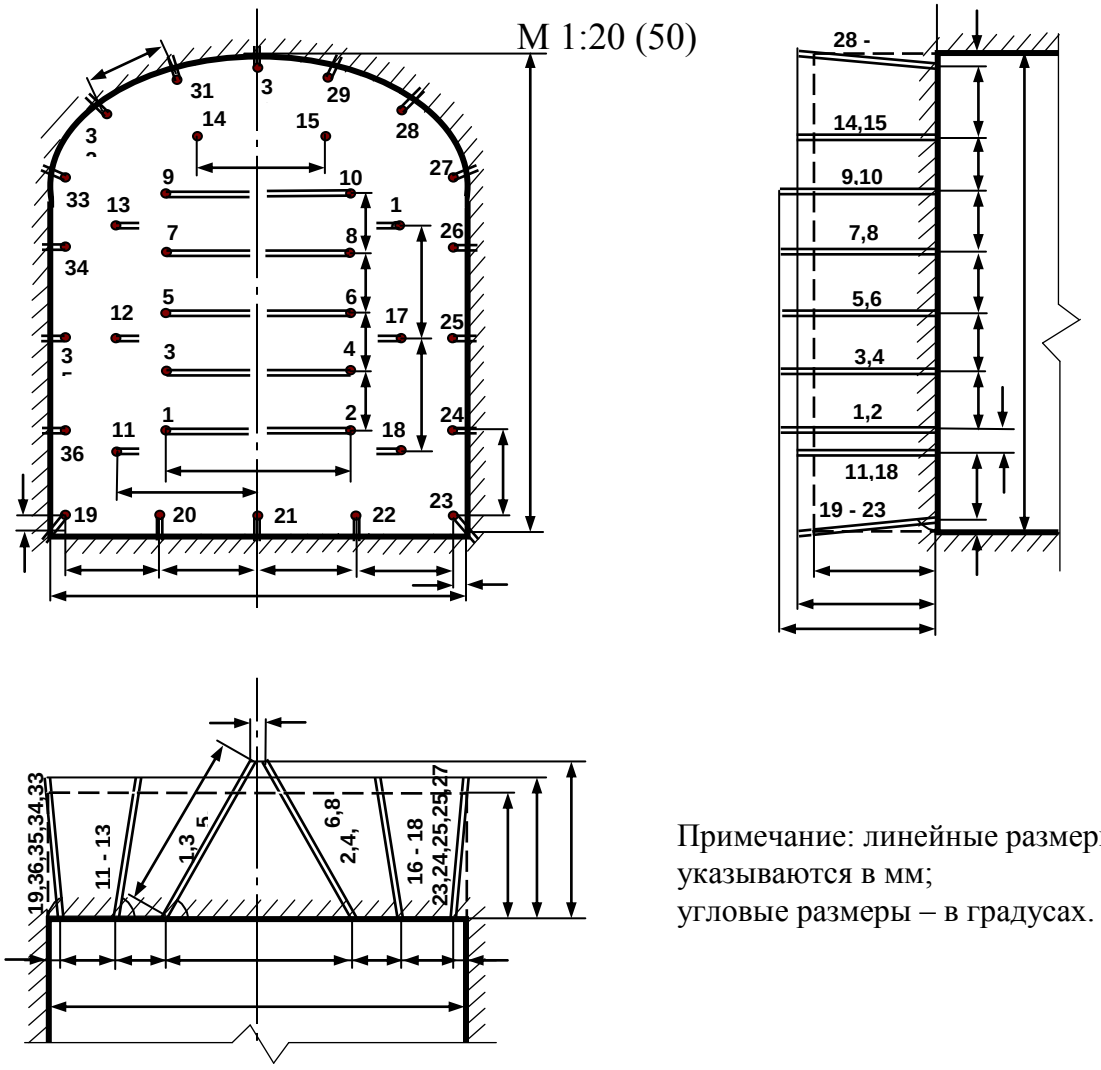
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

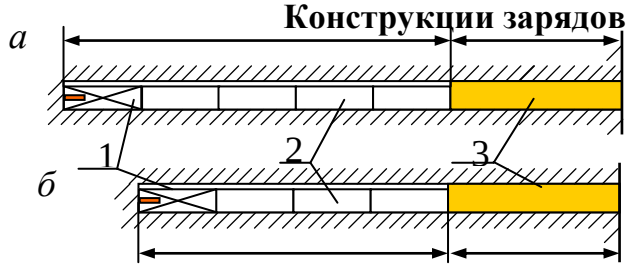
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

**Схема расположения шпуров**




Примечание: линейные размеры
указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

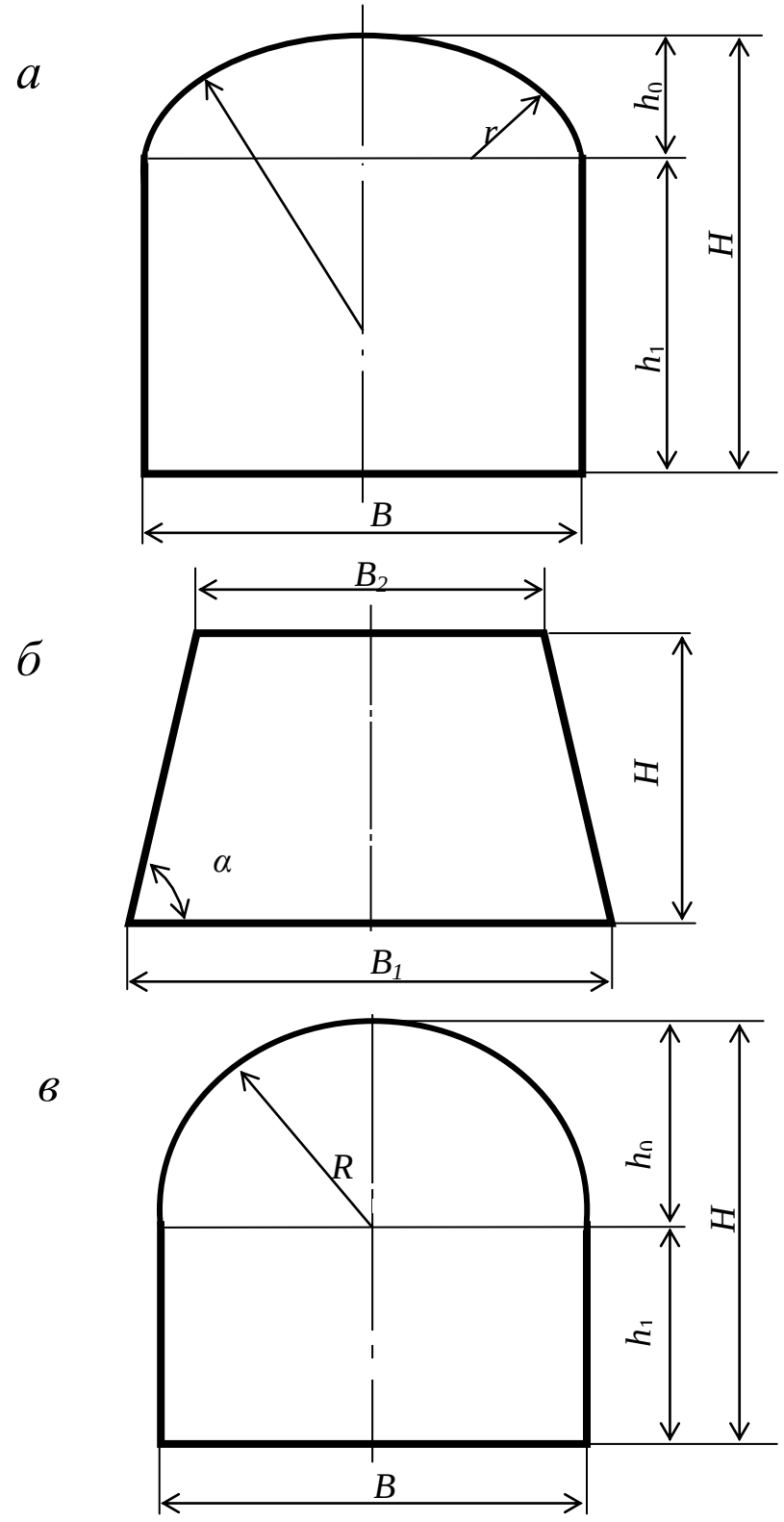
**Конструкции зарядов**




*а* – врубовые шпуры;
*б* – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

*Примечание*. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

**Формы поперечного сечения горизонтальных выработок**




$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
*а* – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
*б* – трапецевидная;
*в* – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

| Форма поперечного сечения выработки | Площадь поперечного сечения | Периметр |
|---|---|---|
| Сводчатая с коробовым сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$ |
| Трапециевидная | $\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$ | $B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$ |
| Арочная с полуциркульным сводом | $B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$ | $2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$ |

## Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Азанов Михаил Алексеевич
Прищепа Дмитрий Вячеславович

# ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «горное дело»

Редактор *Д. В. Прищепа*

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.33 ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

Направление подготовки
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: **очная**, **заочная**

Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Старостин А.Н., к. ист. н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Теологии | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Бачинин И.В. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол №1 от 14.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Содержание

Методические указания по освоению дисциплины ....3
Освоение лекционного курса ....3
Самостоятельное изучение тем курса....3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям....6
Подготовка к тестированию ....8
Подготовка к промежуточной аттестации ....9

# Методические указания по освоению дисциплины

## Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать); Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

- Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

- Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

- Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

- Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

- Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять

план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

## Подготовка к практическим (семинарским) занятиям

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Практическое (семинарское) занятие — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

**1. Россия: географические факторы и природные богатства.**

| № п/п | Вопросы | Код компетенции |
|---|---|---|
| 1. | Анализ предпосылок и факторов становления российской государственности (исторических, социально-экономических, географических). | УК-5 |
| 2. | Природные ресурсы и национальные богатства России. | |
| 3. | Культуры этносов России и их основные достижения. | |
| 4. | Религии этносов России. | |

**2. Многообразие российских регионов**

| № п/п | Вопросы | Код компетенции |
|---|---|---|
| 1. | Российская Федерация: основные этапы становления современного государственного устройства. | УК-5 |
| 2. | Географическое, политическое, социально-экономическое, многообразие российских регионов. | |
| 3. | Свердловская область: природно-экономический потенциал. | |
| 4. | История родного города на примере города Екатеринбурга – столицы Татарстана. | |

Результатом обсуждения проблемы на практическом (семинарском) занятии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие его всегда пролонгировано,

что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по обсуждаемой теме.

Незадолго до проведения практического (семинарского) занятия преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

## Подготовка к тестированию

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Основы российской государственности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-5.

### *Образец тестового задания*

1. Ключевую роль в формировании мировоззрения играют:
- мысли
- эмоции
- ценности
-все перечисленное

2. Какое место в мире по площади занимает Россия:
- первое

- второе
- третье
- пятое

3. К преимуществам географического положения России относят:
- межграничное положение между Европой и Азией
- большая протяженность транспортных магистралей
- сложность управления страной
+ выход к большому количеству морей и двум океанам

4. С каким государством у России самая большая сухопутная граница:
- Казахстан
- Белоруссия
- Китай
- Монголия

5. Первое летописное упоминание о Москве связано с именем князя:
- Ярослава Мудрого
- Владимира Мономаха
- Александра Невского
- Юрия Долгорукого

## Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы российской государственности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы российской государственности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью

построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
Кафедра разработки месторождений открытым способом

# ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ

## Методическое пособие по выполнению практических и самостоятельных работ

Специальность
*21.05.04 Горное дело*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ


ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ***Графическое изображение элементов горных работ……*** 5

*Контрольные вопросы* …… 15

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ***Определение объема капитальной траншеи……..*** 16

*Контрольные вопросы* …… 18

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ***Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициен-та вскрыши…… ……*** 19

*Контрольные вопросы* …… 24

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ***Расчет заряда одиночной скважины……*** 25

*Контрольные вопросы* …… 29

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ***Расчет производительности бурового станка……..*** 31

*Контрольные вопросы* …… 34

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. ***Расчет производительности карьерных экскаваторов…….*** 35

*Контрольные вопросы* …… 38

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. ***Определение производительности карьерных автосамосвалов…..*** 39

*Контрольные вопросы* …… 43

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ***Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера……*** 44

*Контрольные вопросы* …… 48

… … … … … ..
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9. ***Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте*** …… …… 49
*Контрольные вопросы* … … … …

*экскаваторов»*……..

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 *Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнения ковша (по ЕНВ)*…… 67

ПРИЛОЖЕНИЕ 12 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 7 «Определение производитель-ности карьерных автосамосвалов»*…… 68

ПРИЛОЖЕНИЕ 13 *Техническая характеристика карьерных автосамосвалов*…… 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 14 *Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов*…… 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 15 *Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов*…… 70

ПРИЛОЖЕНИЕ 16 *Исходные данные к лабораторной работе № 8 «Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»*…… 71

ПРИЛОЖЕНИЕ 17 *Исходные данные к лабораторной работе № 9 «Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»*…… 72

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 *Значение коэффициентов* $k_р^\circ$, $k_{зав}$ *и высоты яруса* $h_я$ …… 73

ПРИЛОЖЕНИЕ 19 *Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)*…… 73

## Практическая работа № 1

# ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНЫХ РАБОТ

***Цель работы*** – изучить и освоить графическое изображение элементов горных работ.

### 1.1. Задачи работы

*1.1.1. Изучить масштабы, линии и условные изображения горных машин, применяемые для горных чертежей.*

1.1.2. Изучить и освоить навыки графического изображения основных элементов горных работ.

### 1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. По рисункам 1.1- 1.4 ознакомиться с масштабами, линиями и условными изображениями горных машин, применяемыми для горных чертежей.

1.2.2. По учебнику [1, с. 10 - 11] и рис. 1.5 - 1.13 ознакомиться с типовыми графическими изображениями элементов горных работ.

1.1.3. В соответствии с номером варианта задания и соответствующими исходными данными в прил. 1 начертить элементы горных работ на формате А4 в масштабе, соответствующем заданным размерам.

Изображение заданных элементов горных работ вычертить в соответствии со знаниями и навыками, полученными при изучении дисциплин «Машиностроительное черчение» и «Начертательная геометрия».

Масштаб, типы линий и условные знаки

на чертежах горных работ

1. Масштаб изображений

1:5; 1:10; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000;

1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000

Рис. 1.1. Масштабы изображений

| Линия | Начертание | Толщина линий в зависимости от масштаба чертежа (S) | Основное назначение |
|---|---|---|---|
| Основная | | S=0,6 - 1,5 мм | Линии фактического и проектного контура всех горных выработок и сооружений на видах и разрезах (сечениях), верхняя бровка уступов в плане |
| Вспомогательная сплошная | | от S/3 до S/2<br>0,2 - 0,8 мм | Линии размерные, выносные и штриховки, изолинии, линии границ горных пород на разрезах и сечениях, линии обрыва, нижняя бровка уступов в целике |
| Вспомогательная с изгибами | | от S/3 до S/2<br><br>0,2 - 0,8 мм | Длинные линии обрыва на планах и разрезах |
| Вспомогательная штриховая |  | | Линии невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций |
| Штрихпунктирная |  | | Осевые и центровые линии горных выработок, бровка отвалов, насыпей, навалов и уступов в разрыхленной горной массе |
| Разомкнутая |  | от S до 1,5S | Линии сечений |

Рис. 1.2. Типы линий

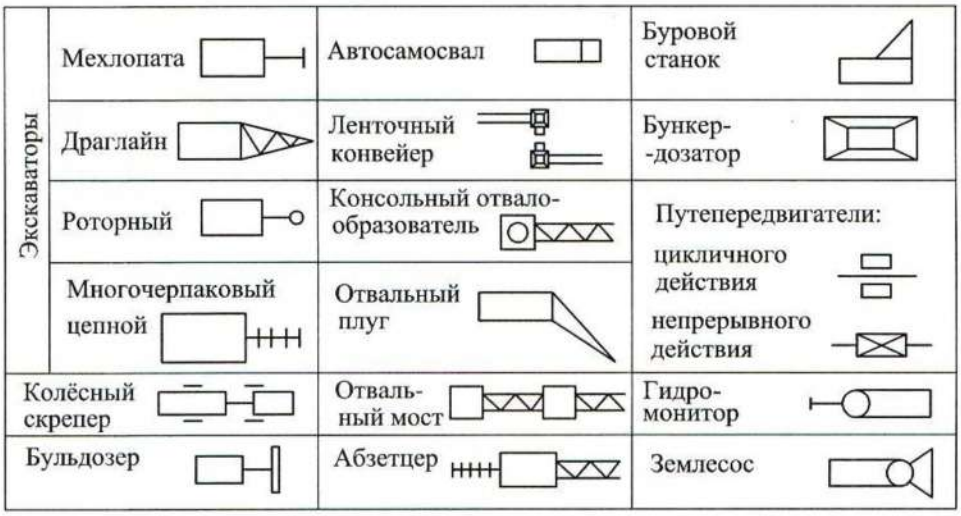
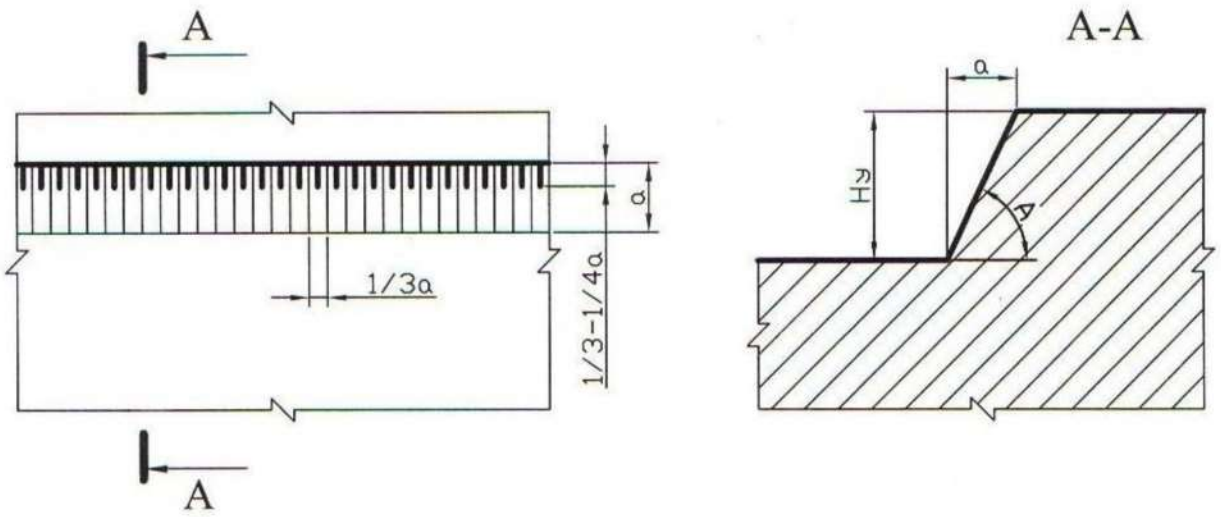



Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

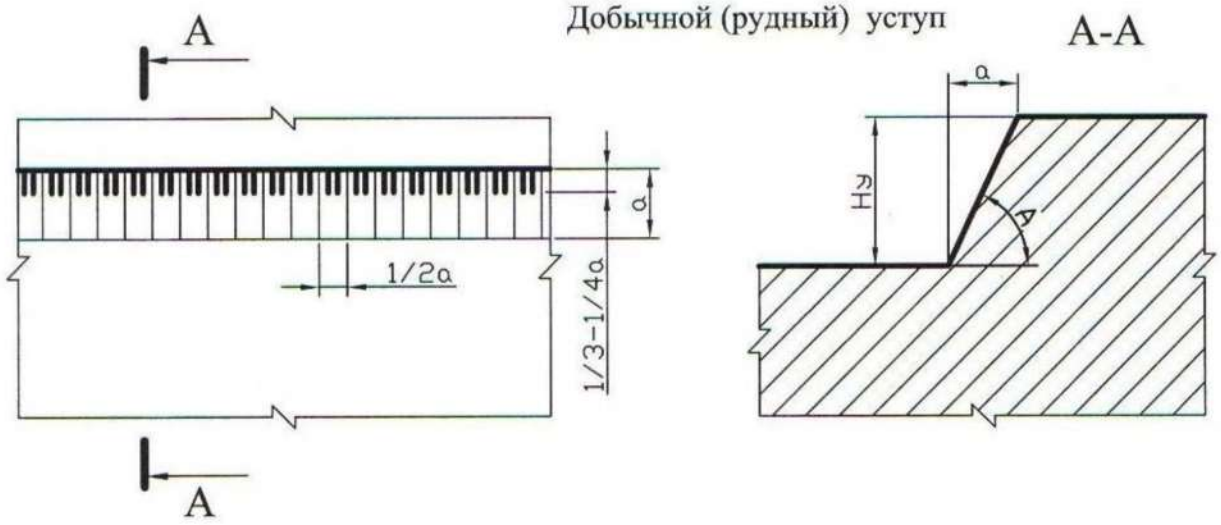
| Наименование элемента | Обозначение элемента |
|---|---|
| Горизонтальное проложение породного уступа в целике | |
| Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике | |
| Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленой горной массе | |
| Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного по разрыхленной горной массе | |
| Бергштрихи проводят перпендикулярно линии горизонта | |

Рис. 1.4. Условные обозначения откосов открытых горных выработок

Вскрышной уступ




Добычной (рудный) уступ




Смешанный (сложный) уступ

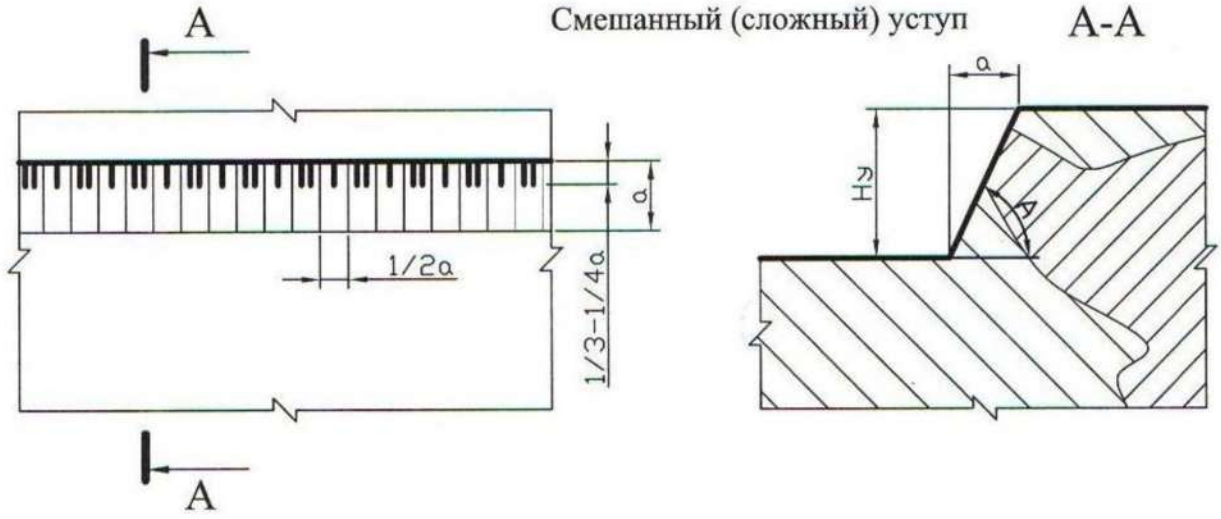



Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

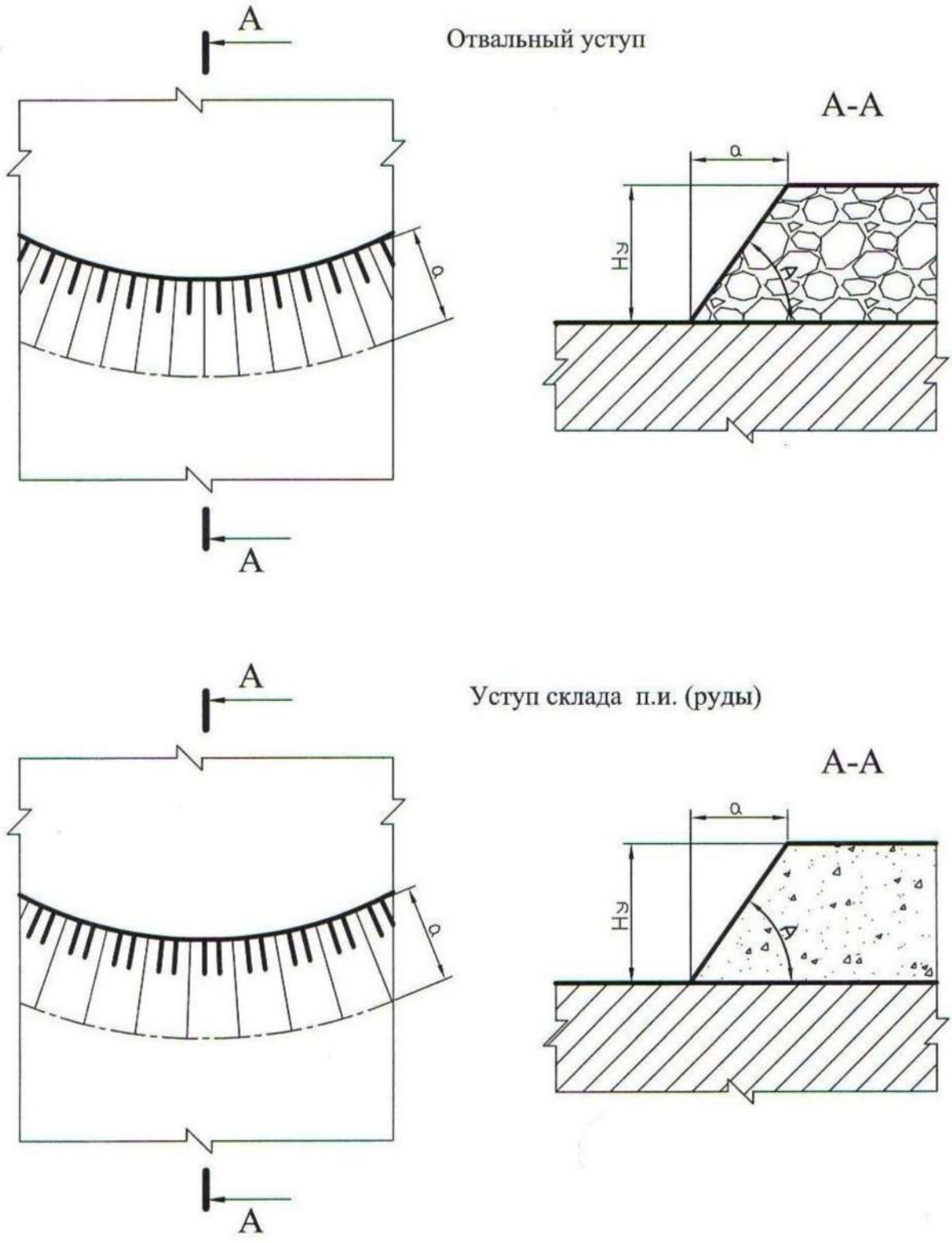
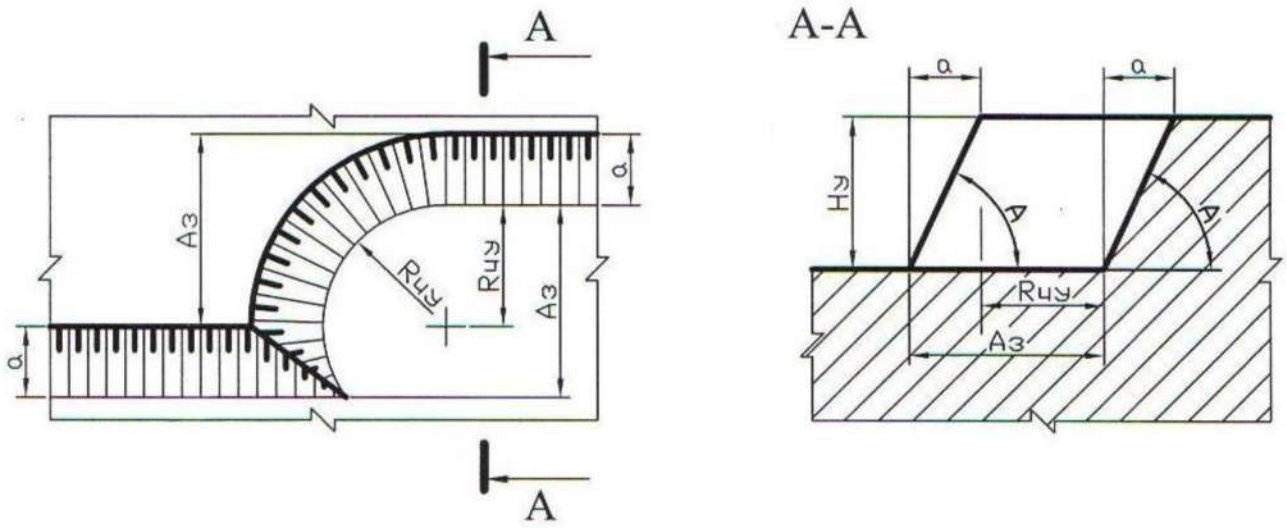
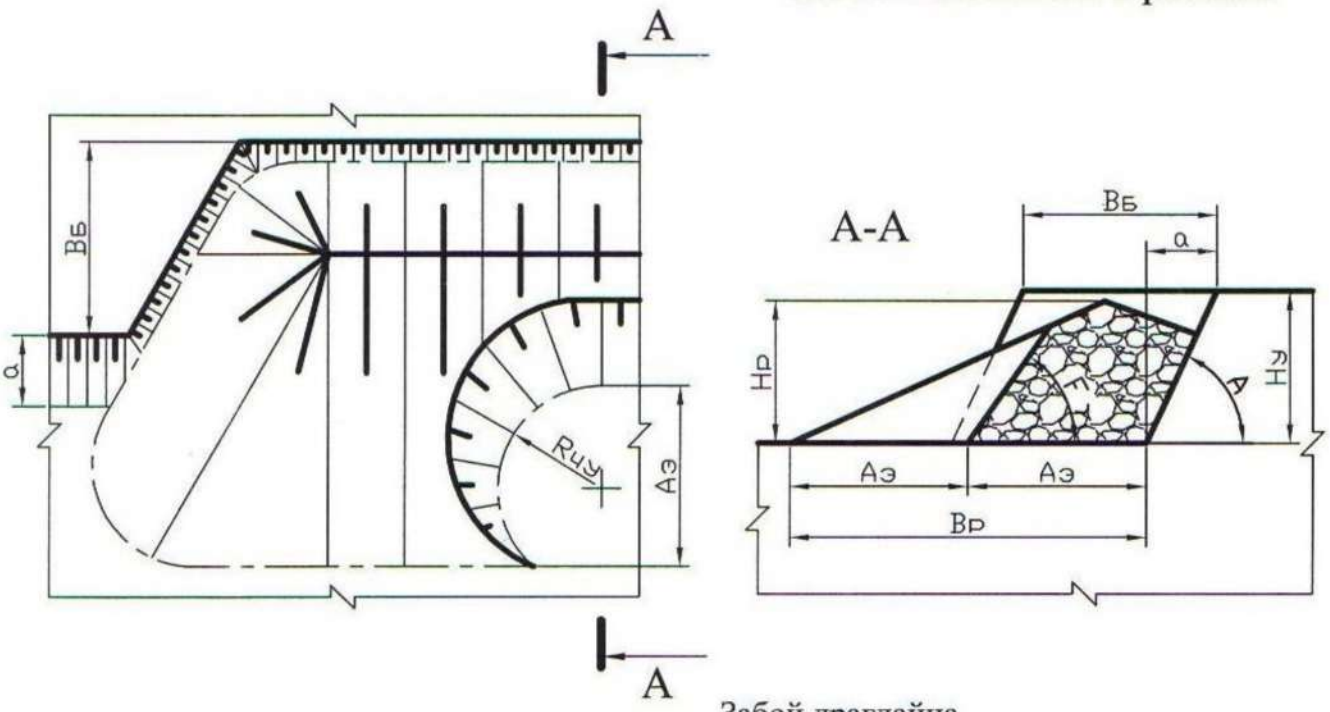



Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве




Забой мехлопаты в развале




Забой драглайна

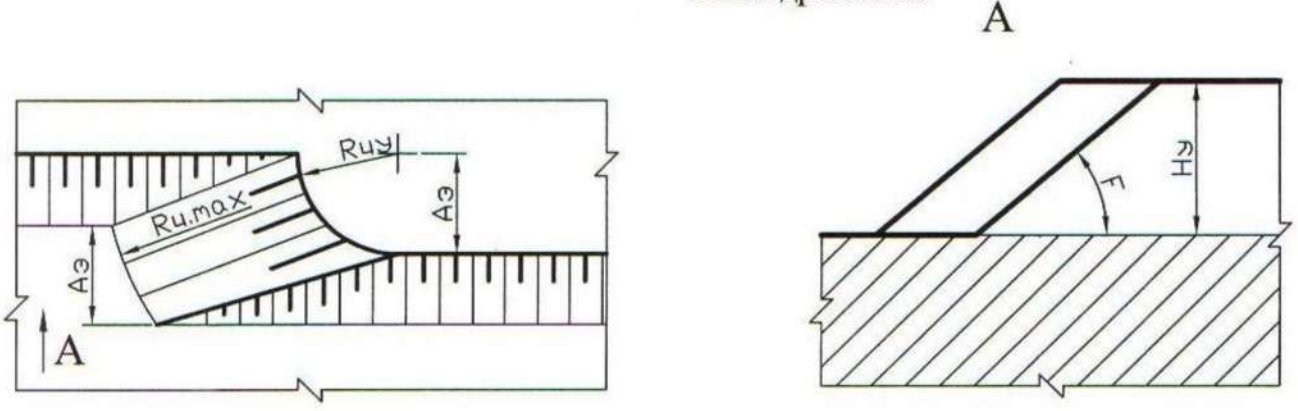



Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

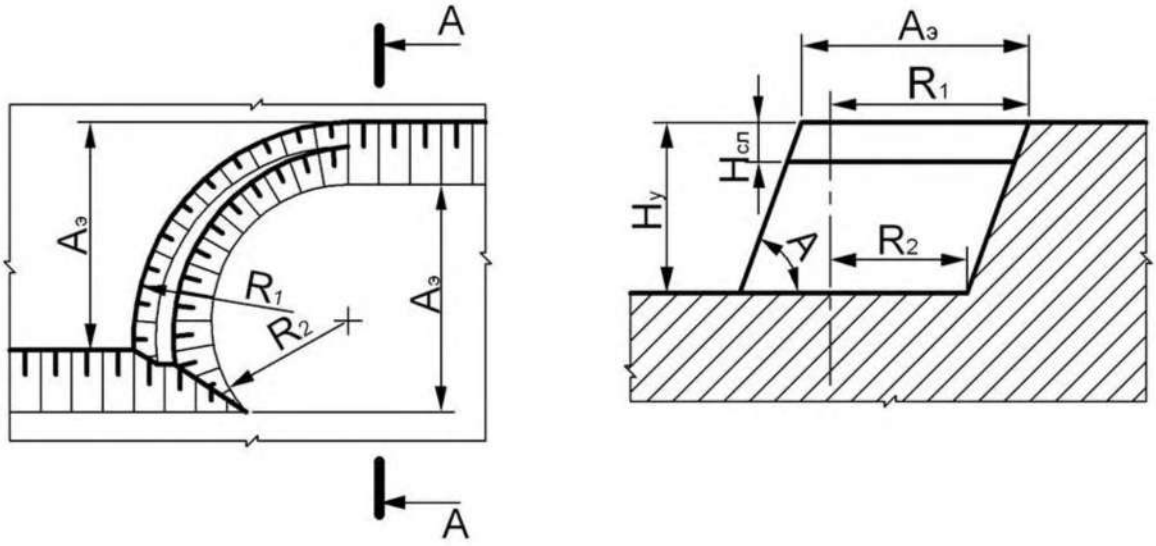



Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

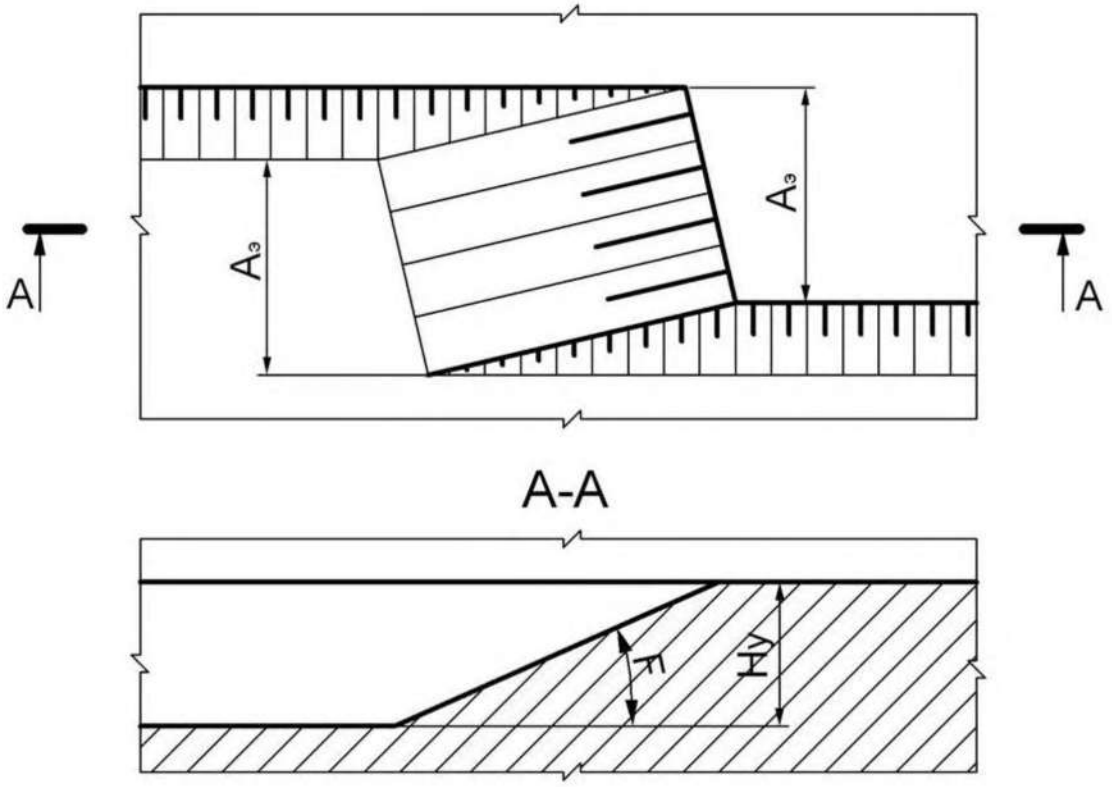



Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

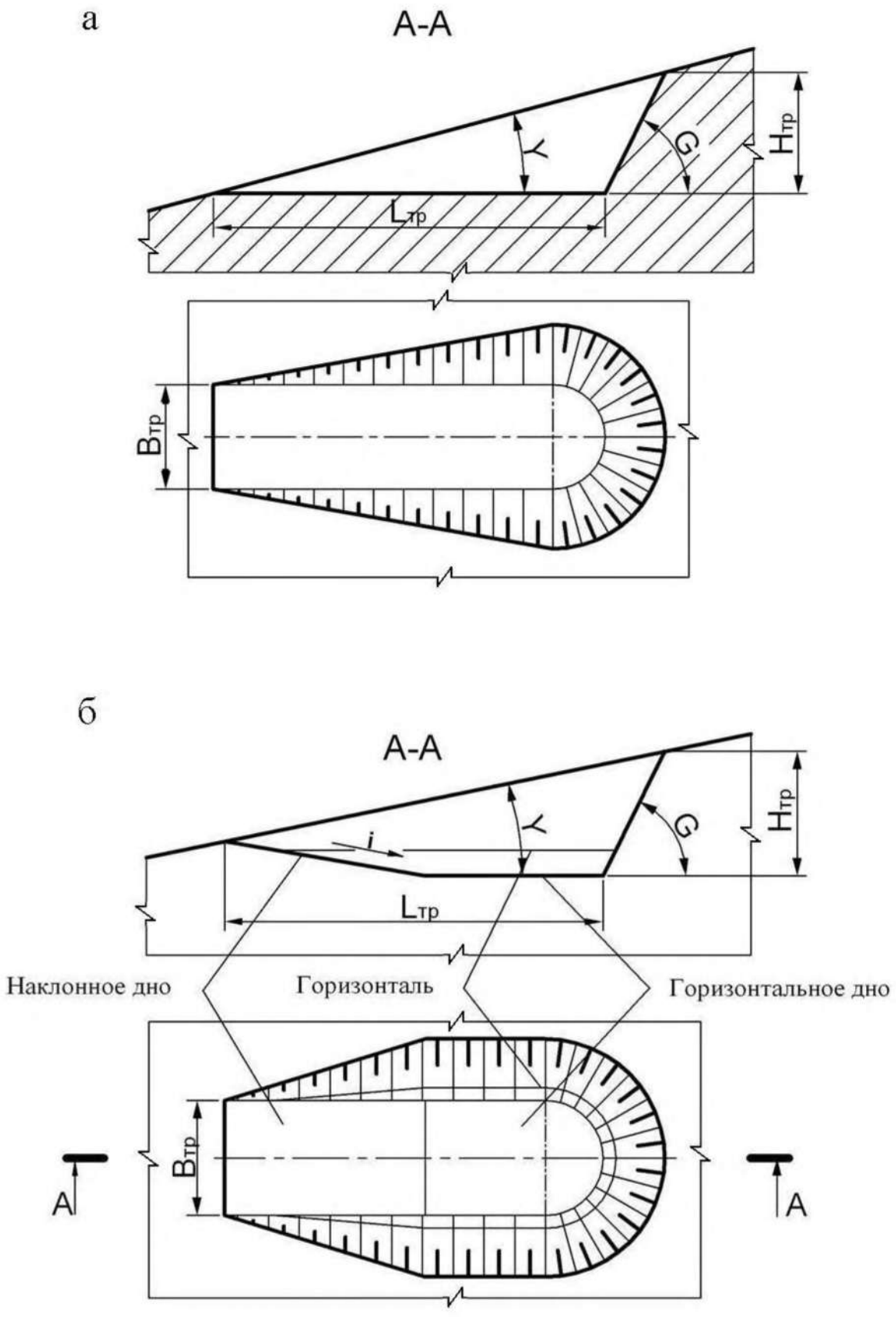



Рис. 1.10. Траншея на косогоре:

*а* – траншея с горизонтальным дном;
*б* – траншея с наклонным и горизонтальным дном

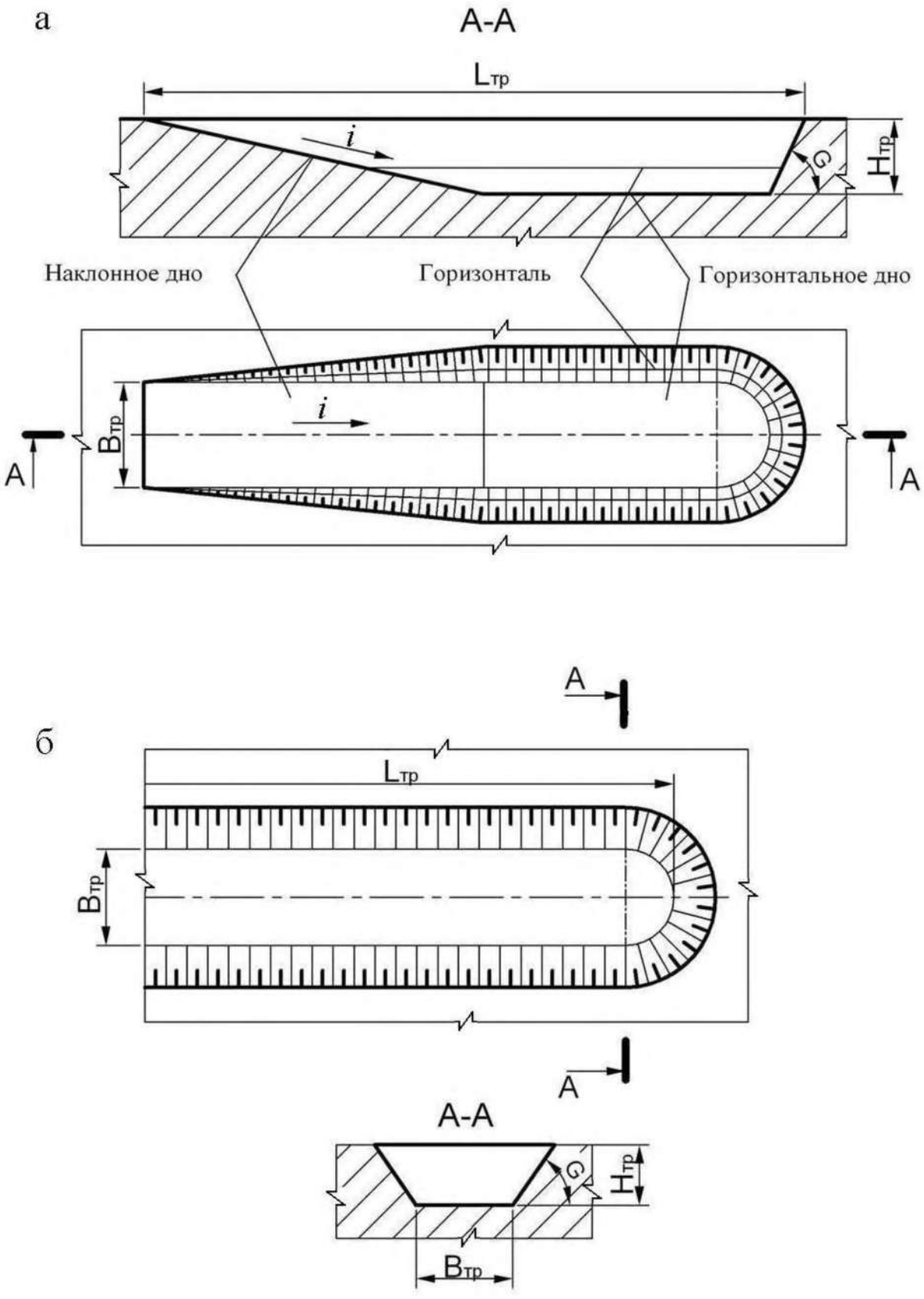



Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:

*а* – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
*б* – траншея с горизонтальным дном

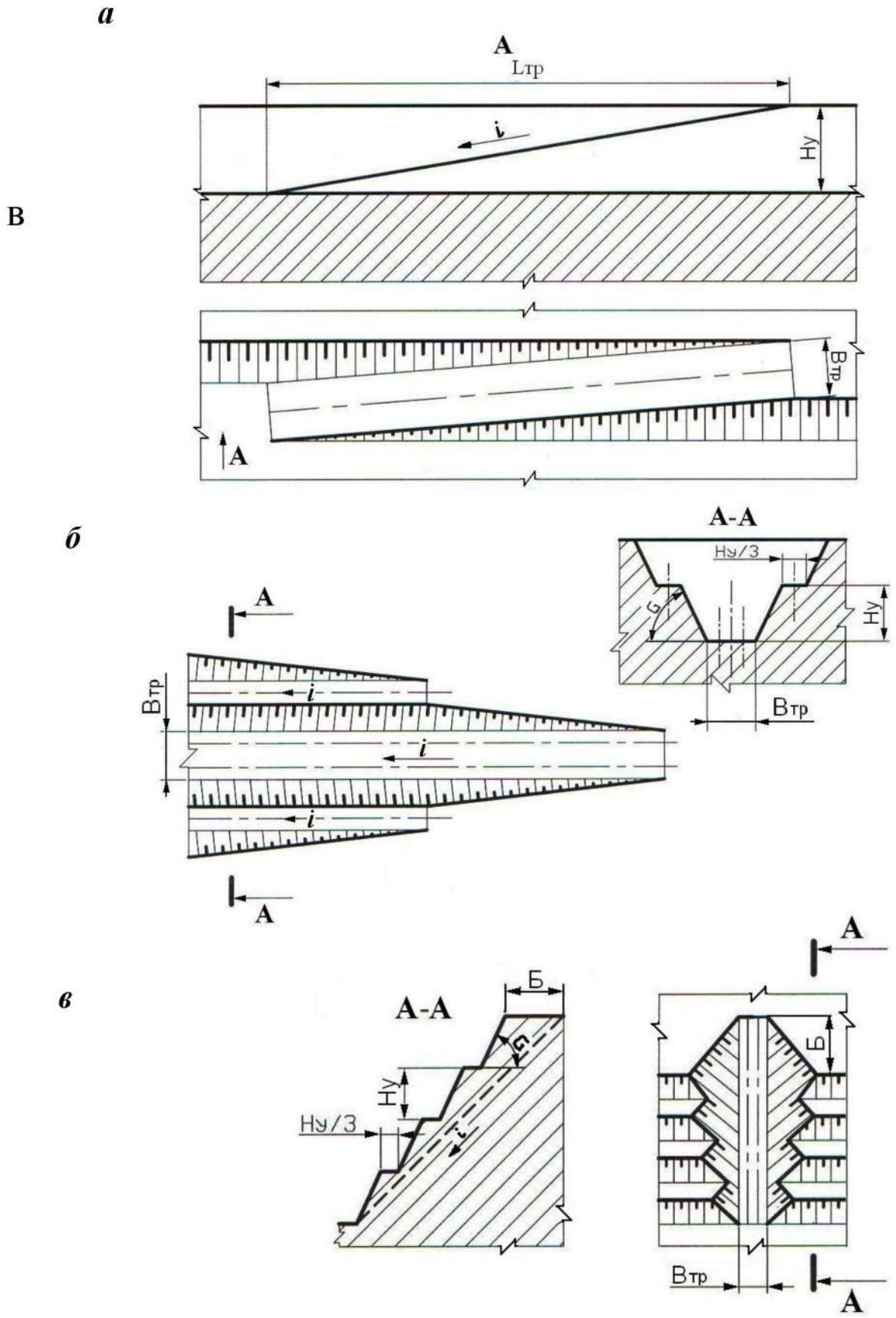



Рис. 1.12. Наклонные траншеи

*а* – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
*в* – траншея крутонаклонная

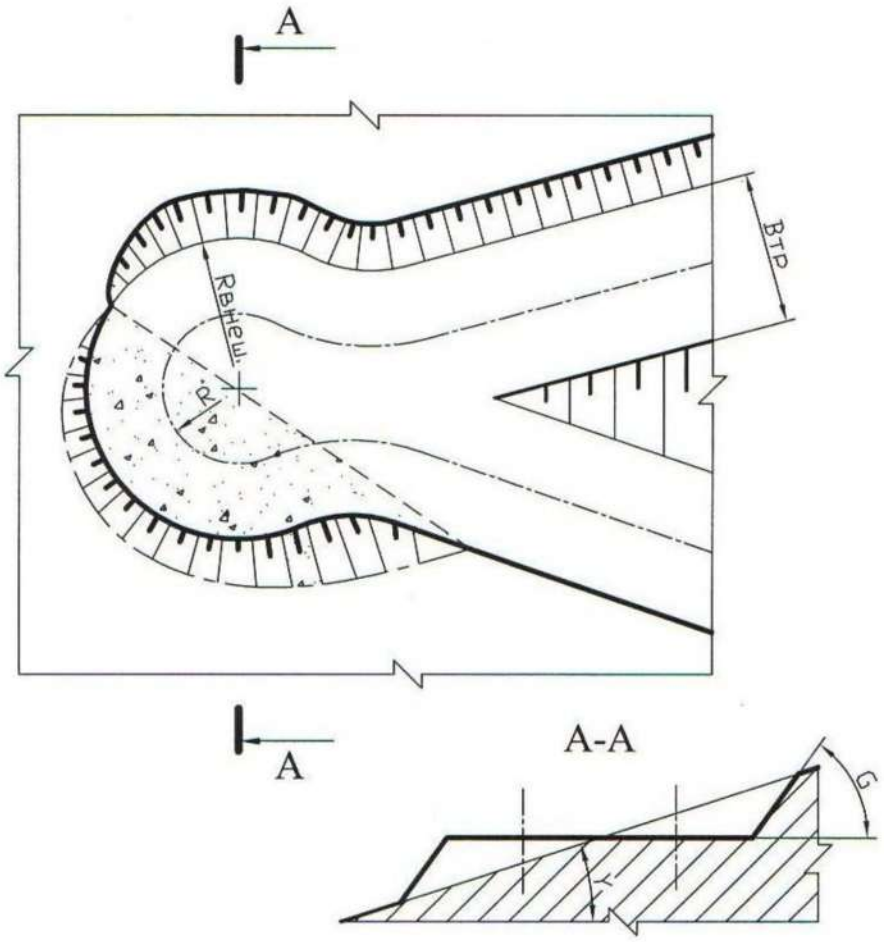



Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

## Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. 1: 5; 2:3; 1:3; 1:20; 1:30; 1:500; 1:70000; 1:25; 1:25000 – какой из этих масштабов не применяется?
2. Во сколько раз основная линия толще вспомогательной?
3. Когда применяется штрихпунктирная линия?
4. Когда применяется основная линия?
5. Когда применяется сплошная вспомогательная линия?
6. Как должны располагаться берг-штрихи при изображении горизонтальных проложений откосов?
7. От каких параметров уступа зависит ширина горизонтального проложения?

## Практическая работа № 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КАПИТАЛЬНОЙ ТРАНШЕИ

***Цель работы*** – изучить методику определения объема капитальной траншеи.

### 2.1. Задачи работы

*2.1.1. Ознакомиться с методикой определения объема капитальных траншей.*

2.1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи по исходным данным.

2.1.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от определяющих факторов.

21.4. Выполнить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи.

### 2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. По учебнику [1, с. 192 - 198] ознакомиться с конструкцией капитальных траншей и методикой определения их объема.

2.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 2. По данным заданного варианта выполнить расчет объема капитальной траншеи.

Объем простой капитальной траншеи можно представить как сумму объема полупризмы $V_1$ и объемов двух пирамид [1, рис. 10.3, с. 196].

$$V_т = V_1 + 2V_2, \qquad (2.1)$$

где $V_т$ – объем капитальной траншеи, м$^3$;

$V_1$ – объем полупризмы, м$^3$;

$V_2$ – объем пирамиды, м$^3$.

Объем породы в торце траншеи, заключенный в призме $V_3$ и двух пирамидах $V_3$ и $V_4$, незначителен и обычно в расчетах не учитывается.

Объем полупризмы $V_1$ (м$^3$) определяется

$$V_1 = \frac{b_т h_т^2}{2i}, \qquad (2.2)$$

где $b_т$ – ширина основания траншеи, м;

$h_т$ – глубина траншеи, м;

$i$ – уклон траншеи, ед.

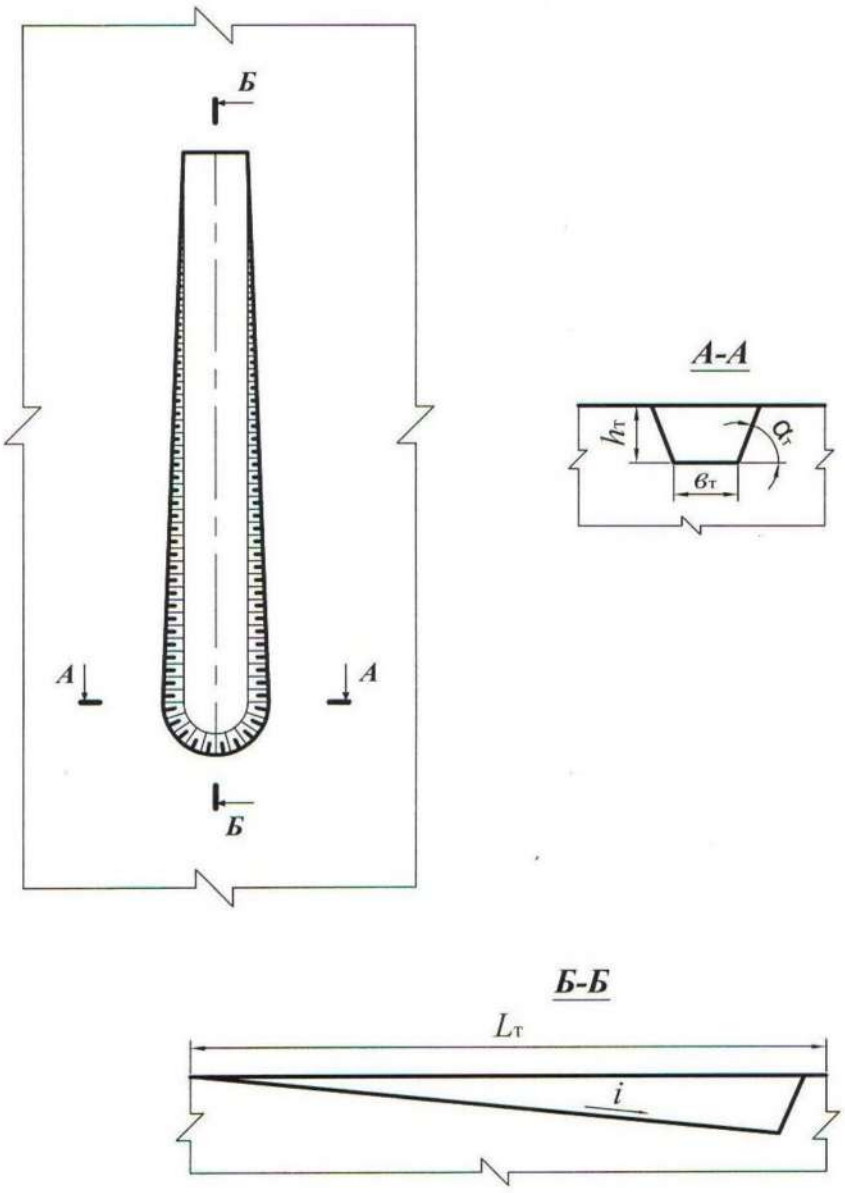



Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды $V_2$, (м$^3$) определяется

$$V_2 = \frac{h_т^3}{6i \operatorname{tg} \alpha_т}, \qquad (2.3)$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h_т^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h_т}{3 \operatorname{tg} \alpha_т}\right). \qquad (2.4)$$

2.2.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от одного из определяющих факторов ($h_т$, $b_т$, $i$, $\alpha_т$) согласно заданию (прил. 2). Начертить график зависимости.

2.2.4. Вычертить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи в выбранном масштабе (аналогично рис. 2.1 и рис. 10.3 [1, с. 196].

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертежи.

## Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Дайте определение траншеи.
2. Перечислите виды траншей по назначению.
3. Перечислите виды вскрывающих траншей.
4. Перечислите элементы траншеи.
5. Перечислите параметры разрезной траншеи.
6. Перечислите параметры вскрывающей траншеи
7. От каких факторов зависит ширина дна разрезной и вскрывающей траншеи? В каких пределах она изменяется?
8. Что такое уклон траншеи? От каких факторов он зависит и в каких пределах изменяется?
9. Перечислите способы проходки траншеи.
10. Какие сооружения располагаются во вскрывающей траншее?

## Практическая работа № 3

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА, РАЗМЕРОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И КОЭФФИЦИЕНТА ВСКРЫШИ

***Цель работы*** – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера.

### 3.1. Задачи работы

3.1.1. Ознакомиться с методикой расчета объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.1.2. Выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши по исходным данным.

3.1.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины.

3.1.4. Выполнить простейшее графическое изображение плана и элементов объема карьера.

### 2.2. Порядок выполнения работы

*3.2.1. По учебнику [1, с. 28 - 29; с. 316 - 317] ознакомиться с методикой расчета объема карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.*

3.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 3. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

При равнинном рельефе поверхности и наклонном или крутом падении залежи объем карьера может быть определен как сумма отдельных геометрических фигур (рис. 3.1)

$$V_к = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

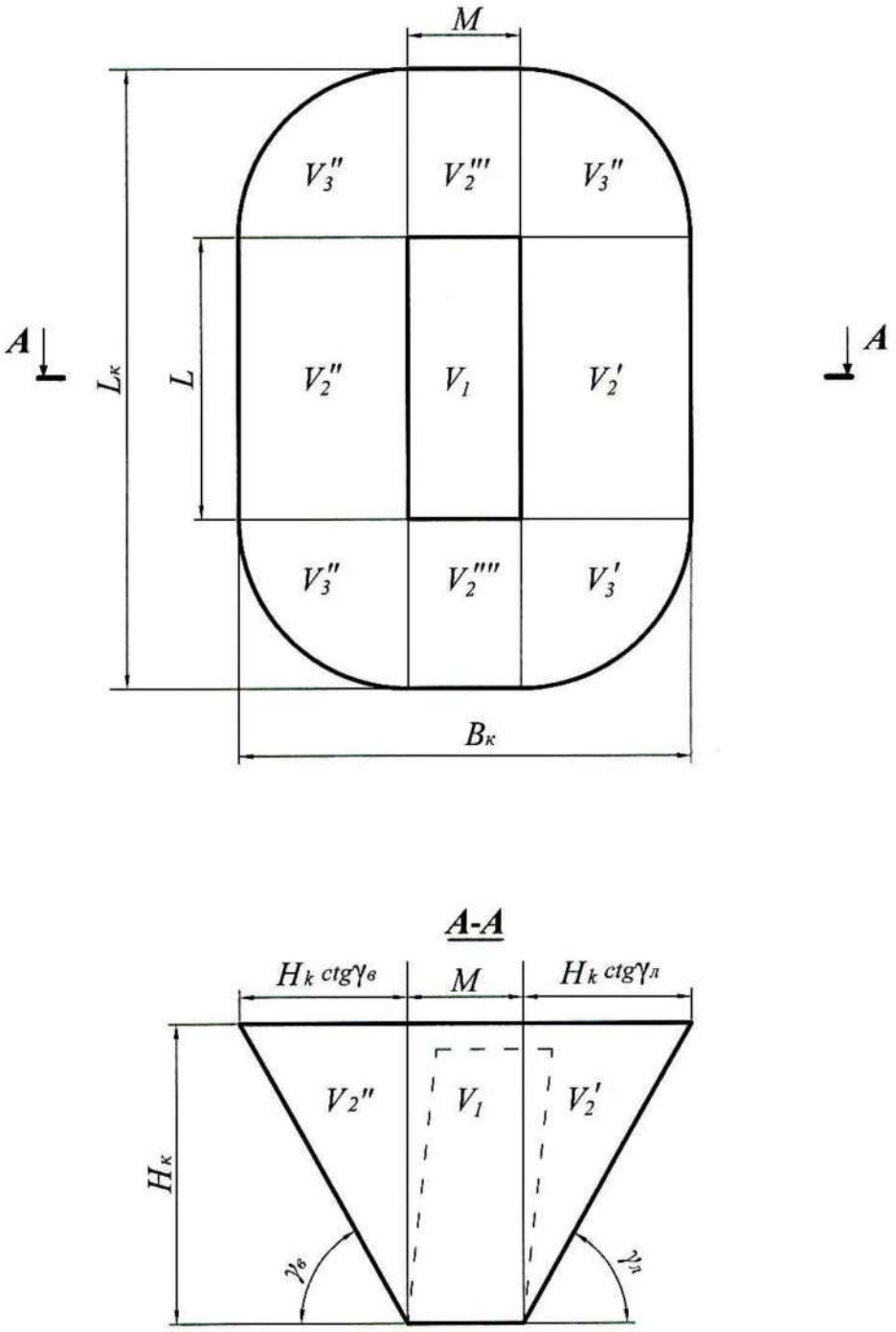



Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

где $V_к$ – объем карьера, м$^3$;

$V_1$ – объем призмы с основанием $S = LM$, м$^3$;

$S$ – площадь дна карьера, м$^2$;

$L$ – длина залежи по простиранию, м;

$M$ – горизонтальная мощность залежи, м.

$$V_1 = LMH_к, \tag{3.2}$$

где $H_к$ – глубина карьера, м;

$V_2$ – суммарный объем призм треугольного сечения, прилегающих с четырех сторон к объему $V_1$ ($V_2'$ и $V_2''$ – вдоль длинных сторон карьера; $V_2'''$ и $V_2'''$ – вдоль коротких сторон у торцов карьера), м$^3$;

$$V_2 = \frac{1}{2} PH^2{}_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}, \tag{3.3}$$

где $P$ – периметр залежи (дна карьера), $P = 2(L + M)$ м;

$V_3$ – суммарный объем отдельных частей расчлененного конуса, располагающихся в угловых участках карьера ($V_3', V_3'', V_3'''$ и $V_3''''$), м$^3$,

$$V_3 = \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.4}$$

где $\gamma_{ср}$ – усредненный угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_в + \gamma_л}{2},$$

где $\gamma_в$ – угол откоса висячего нерабочего борта карьера, град;

$\gamma_л$ – угол откоса лежачего нерабочего борта карьера, град. (см. рис. 3.1).

Суммарный объем карьера, таким образом, определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2} PH_к^2 \operatorname{ctg} \gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.5}$$

Длина карьера по верху ($L_к$, м)

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.6}$$

Ширина карьера по верху ($B_к$, м)

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.7}$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{\text{п.и}}$, м$^3$)

$$V_{\text{п.и}} = S(H_{\text{к}} - h_{\text{н}}), \tag{3.8}$$

где $h_{\text{н}}$ – мощность наносов, м.

Промышленные (т. е. извлекаемые из недр) запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{\text{п.и}}$, т)

$$Q_{\text{п.и}} = V_{\text{п.и}} \rho_{\text{п.и}} \eta_{\text{и}}, \tag{3.9}$$

где $\rho_{\text{п.и}}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м$^3$;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_{\text{п}}$, м$^3$)

$$V_{\text{п}} = V_{\text{к}} - V_{\text{п.и}}. \tag{3.10}$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{\text{ср}}$, м$^3$/т

$$k_{\text{ср}} = V_{\text{п}} / Q_{\text{п.и}}. \tag{3.11}$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_{\text{в}}$, м$^3$/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_{\text{в}} = П_{\text{п.и}} k_{\text{ср}} k_{\text{н}}, \tag{3.12}$$

где $П_{\text{п.и}}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год (прил. 3);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_{\text{н}}$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{\text{г.м}}$, м$^3$/год)

$$П_{\text{г.м}} = П_{\text{п.и}} \frac{1}{\rho_{\text{п.и}}} + П_{\text{в}}. \tag{3.13}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^{\text{с}}_{\text{п.и}}$, т/сут)

$$П^{с}_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_г}, \qquad (3.14)$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в год ($T_г$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^{с}_{в}$, м$^3$/сут)

$$П^{с}_{в} = \frac{П_{в}}{T_г}. \qquad (3.15)$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_{в}$, м$^3$/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^{с}_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_{в} = \frac{П^{с}_{в}}{n_{см}} \qquad (3.16)$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = T_{ос} + T_э + T_з, \qquad (3.17)$$

где $T_{ос}$ + $T_з$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче (принимается 1,5 года);

$T_э$ – расчетный срок эксплуатации карьера, лет.

$$T_э = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}}. \qquad (3.18)$$

3.2.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины: построить график этой функции.

3.2.4. Вычертить карьер в выбранном масштабе в соответствии с заданными и полученными расчетными размерами (аналогично рис. 3.1).

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж карьера и график зависимости $V_к = f(H_к)$.

## Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Перечислите размеры карьера. От чего они зависят?
2. Как различают производительность карьера (производительность по полезному ископаемому… )? В каких единицах она измеряется?
3. Что нужно знать для расчета годовой производительности карьера по горной массе?
4. Дайте классификацию запасов полезных ископаемых.
5. Дайте классификацию потерь полезного ископаемого.
6. Дайте определение коэффициента вскрыши. Как различаются коэффициенты вскрыши и в каких единицах они измеряются?

## Практическая работа № 4

## РАСЧЕТ ЗАРЯДА ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

***Цель работы*** – изучить параметры и освоить принципы расчета скважинных зарядов.

### *4.1. Задачи работы*

4.1.1. Изучить конструкции скважинных зарядов, параметры скважин, и их расположения на уступе.

4.1.2. Выполнить расчеты величины заряда одиночной скважины.

### *4.2. Порядок выполнения работы*

4.2.1. По учебнику [1, с. 72 - 74] ознакомиться с параметрами скважин, и их расположения на уступе, конструкцией зарядов.

4.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 4. По данным заданного варианта выполнить расчет заряда одиночной скважины и параметров расположения скважин на уступе при однорядном расположении скважин.

*Расчет выполняется в следующей последовательности:*

4.2.2.1. По заданному диаметру шарошечного долота (прил. 4) определяется диаметр взрывных скважин ($d_с$, мм)

$$d_с = d_д k_{разб}, \tag{4.1}$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм;

$k_{разб}$ – коэффициент разбуривания, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 5).

4.2.2.2. Определяется длина перебура ($l_{пер}$, м)

$$l_{пер} = 11 d_с, \tag{4.2}$$

где $d_с$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_с$, м)

$$l_с = H_у + l_{пер}, \tag{4.3}$$

где $H_у$ – высота уступа, м.

4.2.2.4. Принимается (задается) тип взрывчатого вещества (ВВ) (прил. 4) и конструкция скважины (заряда) – сплошной вертикальный заряд (рис. 4.1).

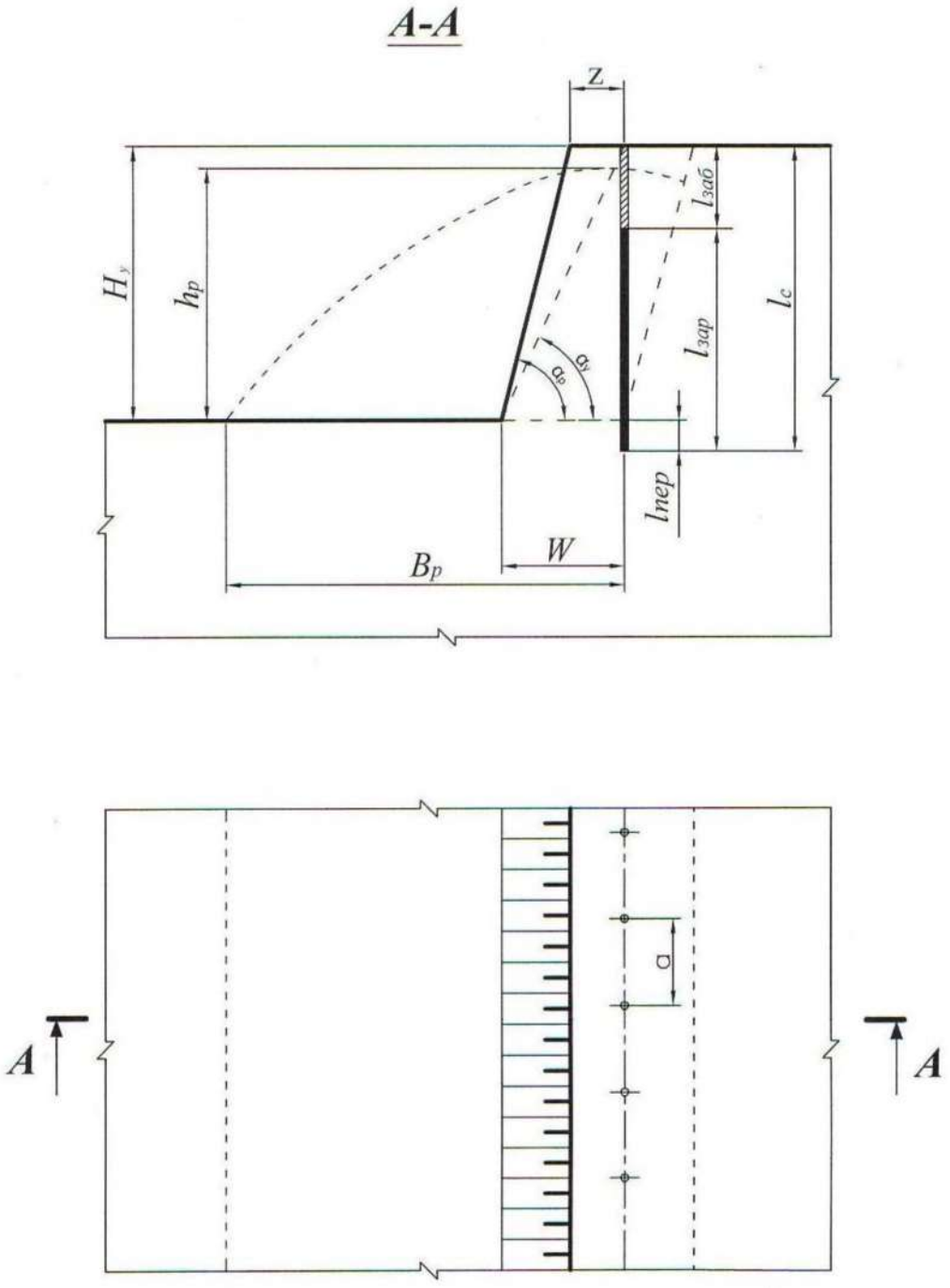



Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \qquad (4.4)$$

где $l_c$ – длина скважины, м.

4.2.2.6. Определяется длина заряда взрывчатого вещества (ВВ) в скважине ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_c - l_{заб}. \quad (4.5)$$

4.2.2.7. Определяется удельная вместимость скважины ($p$, кг/м)

$$p = 7{,}85 d_c^2 \Delta, \quad (4.6)$$

где $d_c$ – диаметр скважины, дм;

$\Delta$ – плотность заряда в скважине, кг/дм$^3$ (см. прил. 4).

4.2.2.8. Исходя из заданных удельного расхода эталонного ВВ ($q'$, кг/м$^3$) и коэффициента, учитывающего тип ВВ ($k_{ВВ}$) (см. прил. 4), вычисляется удельный расход принятого ВВ ($q_п$, кг/м$^3$)

$$q_п = q' k_{ВВ}. \quad (4.7)$$

4.2.2.9. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве ($W$, м)

$$W = 0{,}9\sqrt{\frac{p}{q_п}}. \quad (4.8)$$

4.2.2.10. Выполняется проверка величины линии сопротивления по подошве по условию:

$$W \geq W_{min}, \quad (4.9)$$

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg} \alpha_р + Z, \quad (4.10)$$

где $\alpha_р$ – угол откоса рабочего уступа, град (прил. 4);

$Z$ – расстояние от верхней бровки уступа до скважины первого ряда, м.

$$Z = H_у(\operatorname{ctg} \alpha_у - \operatorname{ctg} \alpha_р) \geq 2,$$

где $\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град ($\alpha_у$ на 5-10° меньше $\alpha_р$ );

$H_у(\operatorname{ctg} \alpha_у - \operatorname{ctg} \alpha_р)$ – ширина призмы возможного обрушения уступа, м.

Если $W < W_{min}$, то, по согласованию с руководителем, увеличивается диаметр скважины до ближайшего стандартного и соответственно по формуле (4.6) увеличивается величина $p$, по формуле (4.8) увеличивается $W$ и снова проверка по формуле (4.9).

4.2.2.11. Выполняется проверка $l_{\text{пер}}$ по условию

$$l_{\text{пер}} \le 0{,}3W. \tag{4.11}$$

Если $l_{\text{пер}} > 0{,}3W$, то принимается $l_{\text{пер}} = 0{,}3W$ и производится перерасчет величин $l_{\text{с}}$, $l_{\text{заб}}$ и $l_{\text{зар}}$.

4.2.2.12. Определяется масса заряда в скважине ($Q_{\text{З}}$, кг)

$$Q_{\text{З}} = pl_{\text{зар}}. \tag{4.12}$$

4.2.2.13. Определяется расстояние между скважинами в ряду ($a$, м)

$$a = \frac{Q_{\text{З}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}. \tag{4.13}$$

4.2.2.14. Выполняется проверка величины $a$ по допустимому коэффициенту сближения скважин $m$

$$m = a/W. \tag{4.14}$$

На практике коэффициент сближения скважин составляет: $m = 0{,}8 \div 1{,}4$.

При расчетном значении $m$, отличающемся от рекомендуемого, необходимая величина его достигается путем изменения величины заряда в скважине $Q_{\text{З}}$ и соответствующего изменения расстояния между скважинами в ряду. При этом необходимо пересчитать длину заряда $l_{\text{зар}} = \dfrac{Q_{\text{З}}}{p}$ и длину забойки

$l_{\text{заб}} = l_{\text{с}} - l_{\text{зар}}$.

4.2.2.15. Определяется ширина развала ($B_{\text{р}}$, м)

$$B_{\text{р}} \approx k_{\text{З}} k_{\text{в}} \sqrt{q_{\text{п}}} H_{\text{у}}, \tag{4.15}$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы (для средневзрываемых пород $k_{\text{в}} = 2{,}5 \div 3{,}0$);

$k_{\text{з}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления между отдельными скважинами (прил. 6);

Интервал замедления ($\tau$, мс)

$$\tau = kW, \tag{4.16}$$

где $k$ – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (для средневзрываемых пород $k$ = 3,0 ÷4,0).

4.2.2.16. Определяется высота развала ($h_р$, м)

$$h_р \approx \frac{2H_у W k_р}{B_р}, \tag{4.17}$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления пород после взрыва (в развале).

При взрывании пород на дробление с однорядным расположением скважин развал имеет форму, близкую к треугольной. При этом $k_р$ = 1,4 ÷ 1,6.

4.2.2.17. Определяется выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м$^3$/м)

$$q_{г.м} = \frac{H_у a W}{l_с}. \tag{4.18}$$

4.2.3. Вычертить буровую заходку (план и разрез), взрывные скважины и развал породы (на разрезе) с указанием всех необходимых размеров (см. рис. 4.1).

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж буровой заходки в выбранном масштабе.

## Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Дайте определение скважинного заряда.
2. Перечислите параметры скважинного заряда.
3. Исходя из каких условий принимается (задается) тип ВВ?
4. Что такое линия сопротивления по подошве ($W$)? В чем ее геометрический и физический смысл?
5. Каким условием определяется минимально допустимая линия сопротивления по подошве ($W_{min}$)?
6. Каким параметром определяется положение первого ряда скважин?

7. Какими параметрами характеризуется сетка скважин?
8. Что такое «удельная вместимость скважины»? В каких единицах она измеряется? Выведите формулу для определения удельной вместимости скважины.
9. По какой формуле определяется выход горной массы с одного погонного метра скважины?
10. Какими факторами определяется ширина развала взорванной горной массы?
11. Каким показателем определяется отношение площади поперечного сечения развала взорванной горной массы к площади поперечного сечения буровой (взрывной) заходки? В каких пределах он изменяется?

## Практическая работа № 5

# РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО СТАНКА

***Цель работы*** – изучить методику определения производительности буровых станков типа СБШ.

### 5.1. Задачи работы

*5.1.1. Ознакомиться с технологией бурения взрывных скважин станками шарошечного бурения.*

5.1.2. Выполнить расчет технической скорости бурения и производительности бурового станка.

5.1.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения от показателя буримости горных пород.

### *5.2. Порядок выполнения работы*

5.2.1. По учебнику [1, с. 49 - 50] ознакомиться с технологией, условиями и областью применения шарошечного бурения взрывных скважин на карьерах.

5.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 7. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_o n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (5.1)$$

где $P_o$ – осевое усилие, кН;

$n_в$ – частота вращения бурового става, мин$^{-1}$;

$П_б$ – показатель буримости пород;

$d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_б^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_б^{см} = \frac{T_{см} - (T_{п.з} + T_р)}{v_б^{-1} + T_в}, \quad (5.2)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{п.з}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_р$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_в$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_б$ – техническая скорость бурения, м/ч.

*Расчет выполняется в следующей последовательности:*

5.2.2.1. По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, $\rho$ определяется показатель буримости горных пород ($П_б$)

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \quad (5.3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

$\rho$ – плотность горных пород, т/м$^3$.

По показателю буримости ($П_б$) определяется класс горных пород:

I класс – легкобуримые породы ($П_б$ = 1÷5);

II класс – породы средней трудности бурения ($П_б$ = 5,1÷10);

III класс – труднобуримые породы ($П_б$ = 10,1÷15,0);

IV класс – весьма труднобуримые породы ($П_б$ = 15,1÷20,0);

V класс – исключительно труднобуримые породы ($П_б$ = 20,1÷25,0).

5.2.2.2. В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 8) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

5.2.2.3. Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \tag{5.4}$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

$k$ – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 9).

5.2.2.4. По формуле (5.1) рассчитывается техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч).

5.2.2.5. По заданным величинам $T_{см}$, ($T_{п.з}$+$T_р$), $T_в$ и полученному значению $v_б$ рассчитывается сменная производительность станка ($A_б^{см}$, м/смену).

5.2.2.6. Определяется суточная производительность бурового станка ($A_б^с$, м/смену)

$$A_б^с = A_б^{см} n_{см}, \tag{5.5}$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

5.2.2.7. Определяется годовая производительность станка ($A_б^г$, м/год)

$$A_б^г = A_б^с n_{р.д.с}, \tag{5.6}$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{р.д.с} = 230 \div 280$ дней/год.

5.2.2.8. Рассчитывается парк буровых станков.

Списочный парк станков ($N_{б.с}$, ед.)

$$N_{\text{б.с}} = \frac{V_{\text{г.м}}}{A_{\text{б}}^{\text{г}} q_{\text{г.м}}}, \qquad (5.7)$$

где $V_{\text{г.м}}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м$^3$ (принимается $V_{\text{г.м}} = П_{\text{г.м}}$ по результатам выполнения практ. работы № 3);

$q_{\text{г.м}}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м$^3$/м (принимается по результатам выполнения практ. работы № 4).

Рабочий парк буровых станков ($N_{\text{бр}}$, ед.)

$$N_{\text{бр}} = \frac{N_{\text{бс}}}{k_{\text{рез}}}, \qquad (5.8)$$

где $k_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_{\text{г}}}{n_{\text{р.д.с}}}, \qquad (5.9)$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{\text{г}}$ = 350 дней/год).

5.2.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения ($v_{\text{б}}$, м/ч) от показателя буримости горных пород ($П_{\text{б}}$).

Для этого произвести расчет $v_{\text{б}}$ для пяти значений $П_{\text{б}}$. За базовое значение принять $П_{\text{б}}$, полученное при выполнении п. 5.2.2.1. Для принятия четырех оставшихся значений $П_{\text{б}}$ принять шаг варьирования от базового $\Delta П_{\text{б}}$ = 0,5÷1,5. Два принятых значения $П_{\text{б}}$ должны превышать базовое, а два быть меньше его. Строится график $v_{\text{б}} = f(П_{\text{б}})$.

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты, а также график зависимости $v_{\text{б}} = f(П_{\text{б}})$.

## Контрольные вопросы к практической работе № 5

1. Перечислите основные элементы станков шарошечного бурения.
2. Как маркируются модели станков шарошечного бурения?
3. От каких свойств пород зависят показатели буримости и что характеризуют эти свойства? В каких единицах они измеряются?
4. От каких факторов зависит скорость бурения?

5. От каких факторов зависит величина требуемого осевого усилия?
6. Написать формулу часовой производительности бурового станка.
7. Как определяется списочный парк бурстанков?
8. Как определяется рабочий парк бурстанков?

## Практическая работа № 6

## РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

***Цель работы*** – ознакомиться с технико-экономическими показателями и освоить методику расчета производительности одноковшовых экскаваторов.

### *6.1. Задачи работы*

6.1.1. Ознакомиться с распределением рабочего времени, производительностью и технико-экономическими показателями одноковшовых экскаваторов.

6.1.2. Выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

6.1.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота на разгрузку.

### *6.2. Порядок выполнения работы*

6.2.1. По учебнику [1, с. 103 - 108] ознакомиться с распределением рабочего времени, принципами расчета производительности и технико-экономическими показателями работы одноковшовых экскаваторов.

6.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 10. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

*Расчет выполняется в следующей последовательности:*

6.2.2.1. Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м$^3$/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \qquad (6.1)$$

где $E$ – вместимость ковша экскаватора, м$^3$;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ч}} + T_{\text{пов}} + T_{\text{р}}, \qquad (6.2)$$

где $T_{\text{ч}}$ – длительность черпания, с;

$$T_{\text{ч}} = \frac{194 d_{\text{ср}}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \qquad (6.3)$$

$d_{\text{ср}}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{\text{ср}} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \qquad (6.4)$$

$T_{\text{пов}}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{\text{пов}} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \qquad (6.5)$$

$T_{\text{р}}$ – длительность разгрузки ковша, с;

где $\beta$ – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при $E$ = 1÷3 м$^3$, $T_{\text{р}}$ = 1,5÷2,5 с;

при $E$ = 3÷8 м$^3$, $T_{\text{р}}$ = 2,5÷2,7 с;

при $E$ = 12÷20 м$^3$, $T_{\text{р}}$ = 2,9÷3,5 с);

$k_{\text{э}}$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_{\text{э}} = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}},$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_{\text{н}}$ и $k_{\text{р}}$ принимать по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

6.2.2.2. Сменная производительность экскаватора ($A_{\text{см}}$, м$^3$/смену)

$$A_{\text{см}} = A_{\text{т}}\, T_{\text{см}}\, k_{\text{и}}, \qquad (6.6)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены (прил. 10).

6.2.2.3. Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м$^3$/сут)

$$A_с = A_{см}\, n_{см}, \tag{6.7}$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

6.2.2.4. Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м$^3$/год)

$$A_г = A_с\, n_г, \tag{6.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год (прил. 10).

6.2.2.5. Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{Aг}, \tag{6.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м$^3$/год (принимается по результатам выполнения практической работы № 3).

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{6.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{6.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

6.2.2.6. Определяется ширина экскаваторной заходки (забоя) ($A_з$, м):

*при железнодорожном транспорте*

$$A_з = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{ч.у}\,; \tag{6.12}$$

*при автомобильном транспорте*

$$A_э = (0{,}8 \div 1{,}2) R_{ч.у}\,, \tag{6.13}$$

где $R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.2.7. Определяется допустимая высота уступа (забоя) ($H_у$, м) для скальных пород

$$H_у \le 1{,}5 H_ч^{max}, \tag{6.14}$$

где $H_ч^{max}$ – максимальная высота черпания экскаватора, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота и построить график $A_т = f(\beta)$.

Для этого производится расчет $A_т$ для пяти значений β. Область варьирования угла поворота $150° > \beta > 90°$. Интервал варьирования $\Delta\beta = 5 \div 10°$.

Базовое значение β принять из прил. 10 для заданного варианта. Для принятия четырех оставшихся значений β принять шаг варьирования от базового $\Delta\beta = (5 \div 10)°$.

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также график зависимости $A_т = f(\beta)$.

## Контрольные вопросы к практической работе № 6

1. Дайте определение производительности.
2. Вывести формулу технической производительности экскаватора.
3. Из каких элементов складывается цикл экскавации?
4. Вывести формулу максимальной ширины экскаваторной заходки.
5. Почему рациональная ширина экскаваторной заходки при железнодорожном транспорте больше, чем при автомобильном транспорте?
6. Как определяется допустимая высота уступа в сыпучих и связных породах?
7. Как определяется рабочий и списочный парк экскаваторов?

## Практическая работа № 7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

***Цель работы*** – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета производительности карьерных автосамосвалов.

### *7.1. Задачи работы*

7.1.1. Ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.1.2. Выполнить расчет сменной производительности карьерного автосамосвала.

7.1.3. Исследовать зависимость сменной производительности карьерного автосамосвала от заданных параметров трассы.

### *7.2. Порядок выполнения работы*

7.2.1. По учебнику [1, с. 145 - 151] ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 12. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_{\text{а}}$, т/смену) рассчитывается

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q, \qquad (7.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин./смену;

$q$ – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_{и}$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_{ц}^{а}$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_{р}$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Продолжительность транспортного цикла ($T_{ц}^{а}$, мин.)

$$T_{ц}^{а} = t_{о} + t_{п} + t_{д} + t_{м.п} + t_{м.р} + t_{р}\,, \qquad (7.2)$$

где $t_{о}$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_{о} \approx 0{,}5t_{п}$);

$t_{п}$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_{д}$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_{р}$ – продолжительность разгрузки, мин.

*Расчеты выполняются в следующей последовательности:*

7.2.2.1. По заданной модели экскаватора (см. практическую работу № 6) подбирается модель автосамосвала прил. 13. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_{а}}{E} = 3 \div 5, \qquad (7.3)$$

где $V_{а}$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м$^3$ (см. прил. 13);

$E$ – вместимость ковша экскаватора, м$^3$.

7.2.2.2. Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_{п}$, мин.) и веса груза в кузове ($q$, т)

$$t_{п} = \frac{T_{ц}^{э}(n_{\min\,цик} - 0{,}5)}{60}, \qquad (7.4)$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – длительность цикла экскавации, с (см. практическую работу № 6);

$n_{\text{min цик}}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_{\text{к}}$):

*исходя из грузоподъемности автосамосвала*

$$n_{\text{к}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \rho}, \tag{7.5}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

$\rho$ – плотность пород в целике, т/м$^3$ (значения $k_{\text{н}}$, $k_{\text{р}}$ и $\rho$ принимаются по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород);

*исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»*

$$n_{\text{к}} = \frac{0{,}9 V_{\text{а}}'}{E k_{\text{н}}}, \tag{7.6}$$

где $V_{\text{а}}'$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 13), м$^3$.

Затем сравниваются значения $n_{\text{к}}$, вычисленные по формулам (7.5) и (7.6), выбирается меньшее ($n_{\text{к}}$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается ($q$, т)

$$q = \frac{E k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{7.7}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_{\text{а}}, \tag{7.8}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \qquad (7.9)$$

где $L$ – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования ($L$, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 15.

7.2.2.4. Производится расчет $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$. При этом $t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ и $t_{\text{р}}$ принимаются из прил. 13 для выбранной модели автосамосвала.

7.2.2.5. По формуле 7.1 производится расчет сменной производительности автосамосвала при $k_{\text{и}} = 0{,}8$; $T_{\text{см}} = 8$ ч.

7.2.2.6. Производится расчет рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{\text{а.р}}$, ед.)

$$N_{\text{а.р}} = \frac{V_{\text{см}}}{Q_{\text{а}}}, \qquad (7.10)$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{\text{см}} = k_{\text{н}}\left(П_{\text{п.и}}^{\text{см}} + П_{\text{в}}^{\text{см}}\rho\right), \qquad (7.11)$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_{\text{н}} = 1{,}1$);

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м$^3$/смену;

$\rho$ – плотность вскрышных пород в целике, т/м$^3$.

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ и $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ принимаются по результатам выполнения практической работы № 3, $\rho$ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.)

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}}, \qquad (7.12)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 14, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут)

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}, \qquad (7.13)$$

где $k_о$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_о$ = 1,05);

$k_{см}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{см}$ = 2,5).

7.2.3. Исследовать зависимость сменной производительности автосамосвала от расстояния транспортирования или высоты подъема горной массы и построить график $Q_а = f(L)$ или $Q_а = f(H_п)$.

Производится расчет для пяти значений $L$ или $H_п$. Интервал варьирования расстояния транспортирования $\Delta L$ = 0,2÷0,4 км, высоты подъема горной массы $\Delta H_п$ = 20 м.

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $Q_а = f(L)$ или $Q_а = f(H_п)$.

## Контрольные вопросы к практической работе № 7

1. Чем отличается процесс выемки горной массы от процесса транспортирования горной массы?
2. Вывести формулу сменной производительности автосамосвала.
3. От каких факторов зависит сменная производительность автосамосвала?
4. Из каких элементов складывается транспортный цикл?
5. Как определить количество рейсов (транспортных циклов) автосамосвала за смену?
6. От чего зависит продолжительность погрузки автосамосвала?
7. В чем различие между величиной количества циклов экскавации для загрузки автосамосвала и количества ковшей для загрузки автосамосвала?
8. От каких факторов зависит время движения автосамосвала в транспортном цикле?

9. Какое различие между рабочим и инвентарным парком автосамосвалов?
10. Как определить сменный пробег автосамосвала?

## Практическая работа № 8

# КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО И НЕРАБОЧЕГО БОРТОВ КАРЬЕРА

***Цель работы*** – изучить конструкцию рабочего и нерабочего бортов карьера, освоить методику расчета ширины рабочей площадки и угла откоса рабочих и нерабочих бортов.

### *8.1. Задачи работы*

8.1.1. Ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера.

8.1.2. Выполнить расчет углов откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1.3. Исследовать зависимость величины угла откоса рабочего борта от определяющих факторов.

### *8.2. Порядок выполнения работы*

8.2.1. По учебнику [1, с. 23 - 27; 269 - 271] ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера и факторами, определяющими величины углов их откосов.

8.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 16. По данным заданного варианта выполнить расчет углов откоса рабочего и нерабочего бортов.

*Порядок выполнения расчетов*

8.2.2.1. Определяется высота рабочего борта карьера ($H_{р.б}$, м)

$$H_{р.б} = H_у n_{р.у}, \qquad (8.1)$$

где $H_у$ – высота уступа, м;

$n_{р.у}$ – количество рабочих уступов.

8.2.2.2. Определяется ширина рабочей площадки при погрузке горной массы в автомобильный транспорт ($Ш_{р.п}$, м)

$$Ш_{р.п} = B_р + C + T + S + Z + Ш_{в.б}, \quad (8.2)$$

где $B_р$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

$C$ – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м (2-3 м);

$T$ – ширина транспортной полосы (проезжей части временной автодороги при двухполосном движении), м (см. прил. 13);

$S$ – безопасное расстояние (1,5÷2,0 м) от транспортной полосы до призмы возможного обрушения;

$Z$ – ширина призмы возможного обрушения, м;

$Ш_{в.б}$ – ширина взрывного блока, м (при однорядном взрывании $Ш_{в.б} = W$, принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

$$Z = H_у (\text{ctg}\, \alpha_у - \text{ctg}\, \alpha); \quad (8.3)$$

$\alpha$ – угол откоса рабочего уступа, град.;

$\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град. (см. прил. 16).

8.2.2.3. Определяется горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{р.б}$, м)

$$C_{р.б} = H_у \,\text{ctg}\, \alpha\, n_{р.у} + Ш_{р.п} (n_{р.у} - 1). \quad (8.4)$$

8.2.2.4. Определяется тангенс угла откоса рабочего борта карьера ($\varphi$)

$$\text{tg}\, \varphi = H_{р.б} / C_{р.б}. \quad (8.5)$$

8.2.2.5. Определяется величина угла откоса, град, рабочего борта $\varphi$: $\varphi = \text{arctg}\, (\text{tg}\, \varphi)$.

8.2.2.6. Определяется высота нерабочего борта карьера ($H_{н.б}$, м)

$$H_{н.б} = H_у\, n_{н.у}, \quad (8.6)$$

где $n_{н.у}$ – количество нерабочих уступов (принимается $n_{н.у} = 3$).

8.2.2.7. Определяется горизонтальное проложение откоса нерабочего борта ($C_{н.б}$, м)

$$C_{н.б} = n_{н.у} (H_у \operatorname{ctg} \alpha_у + b_с) + (n_{н.у} - 1)\, b_б, \quad (8.7)$$

где $b_с$ – ширина съезда, м;

$b_б$ – ширина бермы безопасности, м ($b_б$ = 8÷10 м).

8.2.2.8. Определяется тангенс угла откоса нерабочего борта карьера (γ)

$$\operatorname{tg} \gamma = H_{н.б} / C_{н.б}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \operatorname{arctg} (\operatorname{tg} \gamma). \quad (8.9)$$

8.2.3. Вычертить разрез рабочей площадки (рис. 8.1), рабочего борта (рис. 8.2), план и разрез нерабочего борта карьера с тупиковыми съездами (рис. 8.3) в выбранном масштабе.

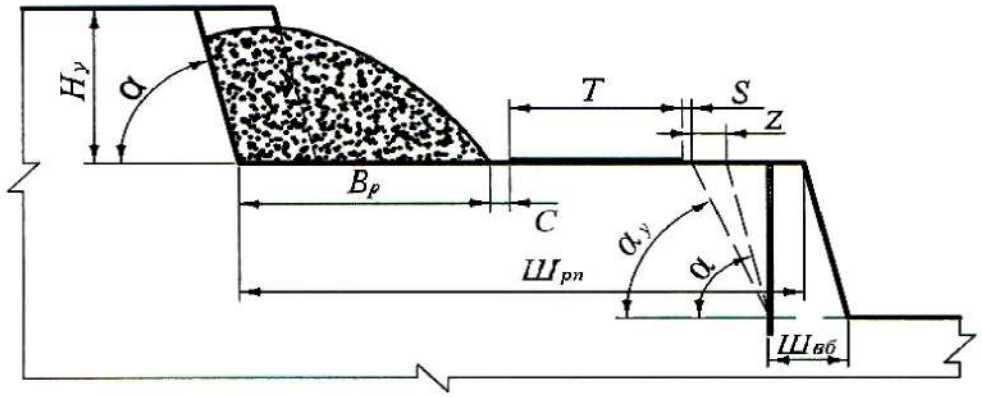



Рис. 8.1. Рабочая площадка

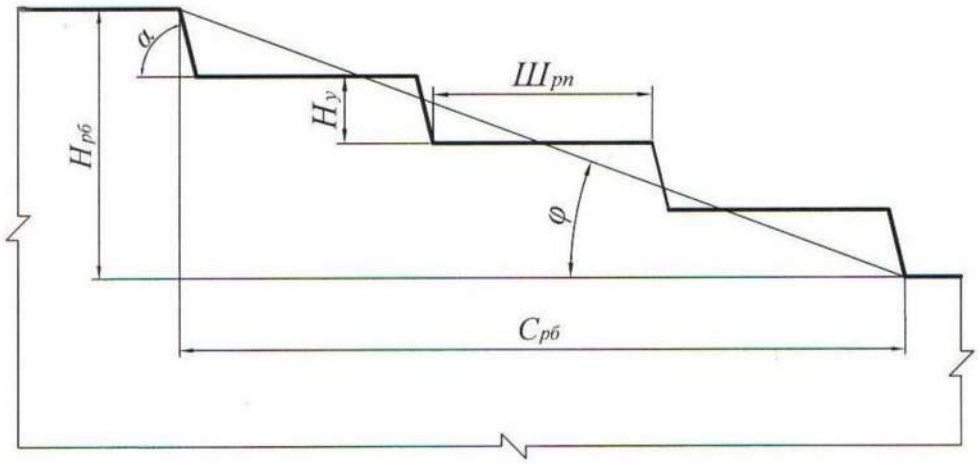
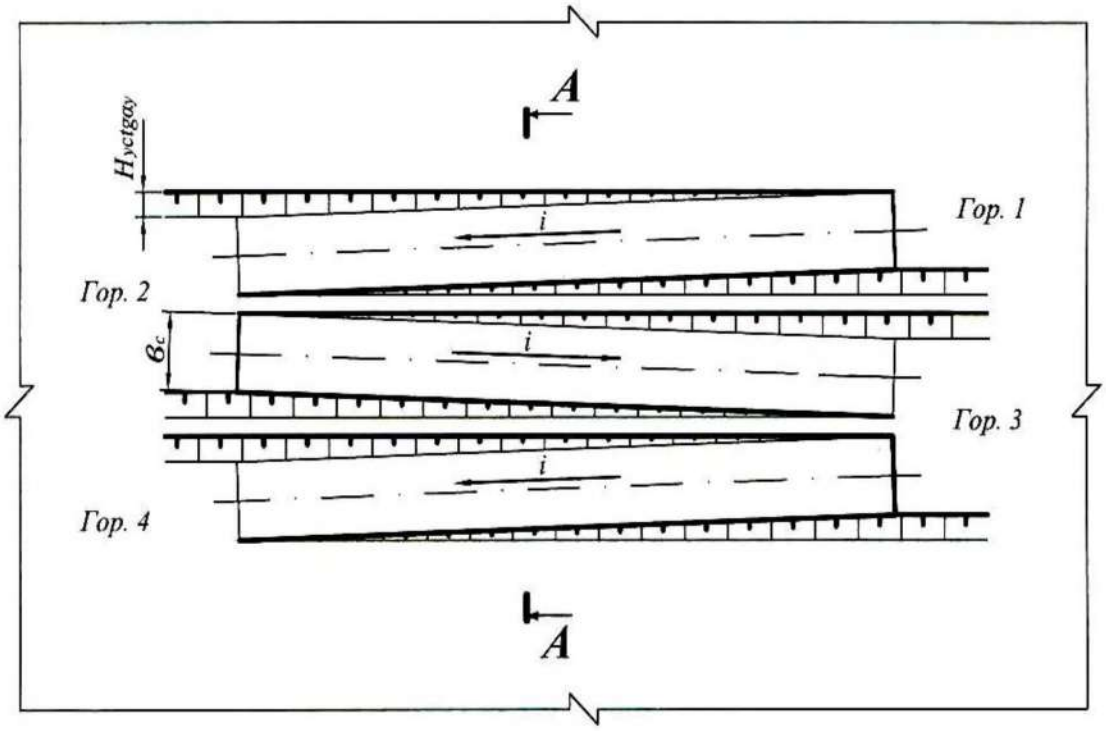



Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

*а)*




*б)*

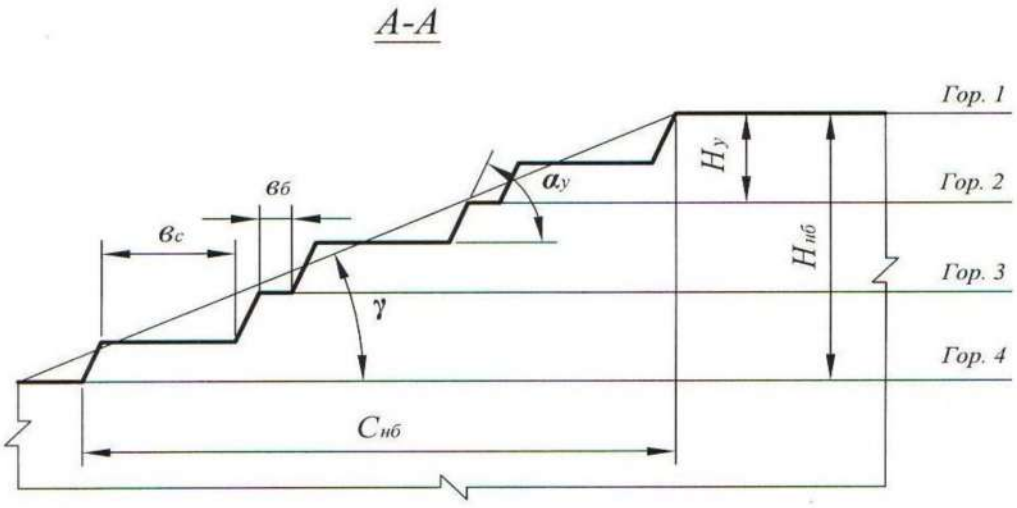



Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
*а* – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

8.2.4. Исследовать зависимость угла откоса рабочего борта карьера (φ, град) от высоты уступа ($H_у$, м) или ширины рабочей площадки ($Ш_{р.п}$, м) и построить график $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Производится расчет φ для пяти значений $H_у$ и $Ш_{р.п}$. Величина аргумента задается в пределах 10 м ≤ $H_у$ ≤ 25 м и 30 м ≤ $Ш_{р.п}$ ≤ 80 м.

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

## Контрольные вопросы к практической работе № 8

1. Дайте определение рабочего и нерабочего борта карьера.
2. Из каких элементов состоят рабочий и нерабочий борт карьера?
3. Назовите параметры рабочего и нерабочего бортов карьера и их элементов.
4. Какими условиями определяется угол откоса нерабочего борта карьера?
5. От каких факторов зависит угол откоса рабочего борта карьера?
6. Из каких элементов состоит рабочая площадка (как определяется ширина рабочей площадки)?
7. Как определяется ширина призмы возможного обрушения уступа?
8. Как определить угол откоса борта карьера, если известны его высота и горизонтальное проложение?
9. Как определить горизонтальное проложение борта карьера (рабочего и нерабочего)?
10. Как определяется уклон внутрикарьерной траншеи?
11. В каких единицах измеряется уклон траншеи?

## Практическая работа № 9

## РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

***Цель работы*** – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

### *9.1. Задачи работы*

9.1.1. Изучить технологию бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1.2. Выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

### *9.2. Порядок выполнения работы*

9.2.1. По учебнику [1, с. 176 - 177] ознакомиться с основными параметрами отвалов и технологией бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 17. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

*Порядок выполнения расчетов*

9.2.2.1. Определяется требуемая площадь отвала ($S_o$, м$^2$)

$$S_o = \frac{Wk_p^o}{n_я h_я \eta_o}, \qquad (9.1)$$

где $W$ – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м$^3$ (см. прил. 17);

$k_{\text{р}}^{\text{о}}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 18);

$h_{\text{я}}$ – высота яруса, м (см. прил. 18);

$n_{\text{я}}$ – количество ярусов;

$\eta_{\text{о}}$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_{\text{о}}$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Тип (категорию) складируемых пород принимать согласно прил. 17. Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина ($B$, м), длина ($L$, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$ .

9.2.2.2. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_{\text{о}}$, ед./ч)

$$N_{\text{о}} = \frac{П_{\text{в}}^{\text{ч}} k_{\text{н}}}{Q_{\text{п}}}, \qquad (9.2)$$

где $П_{\text{в}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м$^3$/ч;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_{\text{н}} = 1{,}1 \div 1{,}2$);

$Q_{\text{п}}$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м$^3$.

$$Q_{\text{п}} = q / \rho, \qquad (9.3)$$

где $q$ – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина $q$ принимается по результатам расчетов в практической работе № 7);

$\rho$ – плотность пород в целике, т /м$^3$.

$$П_{в}^{ч} = \frac{П_{в}}{T_{г} n_{см} T_{см}},$$

где $П_{в}$ – годовая производительность карьера по вскрыше (см. прил. 17), м$^3$/год;

$T_{г}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{г}$ = 350 дн./год);

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены/сут.);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч/смену).

9.2.2.3. Определяется число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.)

$$N_{а.о} = N_{о} \frac{t_{р} + t_{м.р}}{60}, \qquad (9.4)$$

где $t_{р}$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин. (см. прил. 13).

9.2.2.4. Определяется длина участка разгрузки ($L_{р}$, м)

$$L_{р} = N_{а.о}\, l_{п}, \qquad (9.5)$$

где $l_{п}$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, для автосамосвалов грузоподъемностью:

30 – 55 т $l_{п}$ = 30÷40 м,
80 – 130 т $l_{п}$ = 50÷60 м,
180 – 240 т $l_{п}$ = 60÷70 м.

9.2.2.5. Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки, планировки и резервный.

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки, последний начинает выполнять функцию первого, а участок разгрузки становится участком планировки. Если участок планировки не подготовлен, то разгрузка производится на резервном участке. Таким образом, все три участка должны иметь одинаковую длину и общая длина отвального фронта ($L_{о}$, м) определится:

$$L_{\text{о}} = 3L_{\text{р}}. \quad (9.6)$$

9.2.2.6. Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_{\text{б}}$, м$^3$/смену)

$$Q_{\text{б}} = П_{\text{в}}^{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{зав}}, \quad (9.7)$$

где $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м$^3$/смену;

$$П_{\text{в}}^{\text{см}} = П_{\text{в}}^{\text{ч}} T_{\text{см}}, \quad (9.8)$$

где $k_{\text{зав}}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_{\text{б}}$, ед.):

$$N_{\text{б}} = Q_{\text{б}} / П_{\text{б}}, \quad (9.9)$$

где $П_{\text{б}}$ – сменная производительность бульдозера, м$^3$/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{\text{б.и}}$, ед.)

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}4\ N_{\text{б}}, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

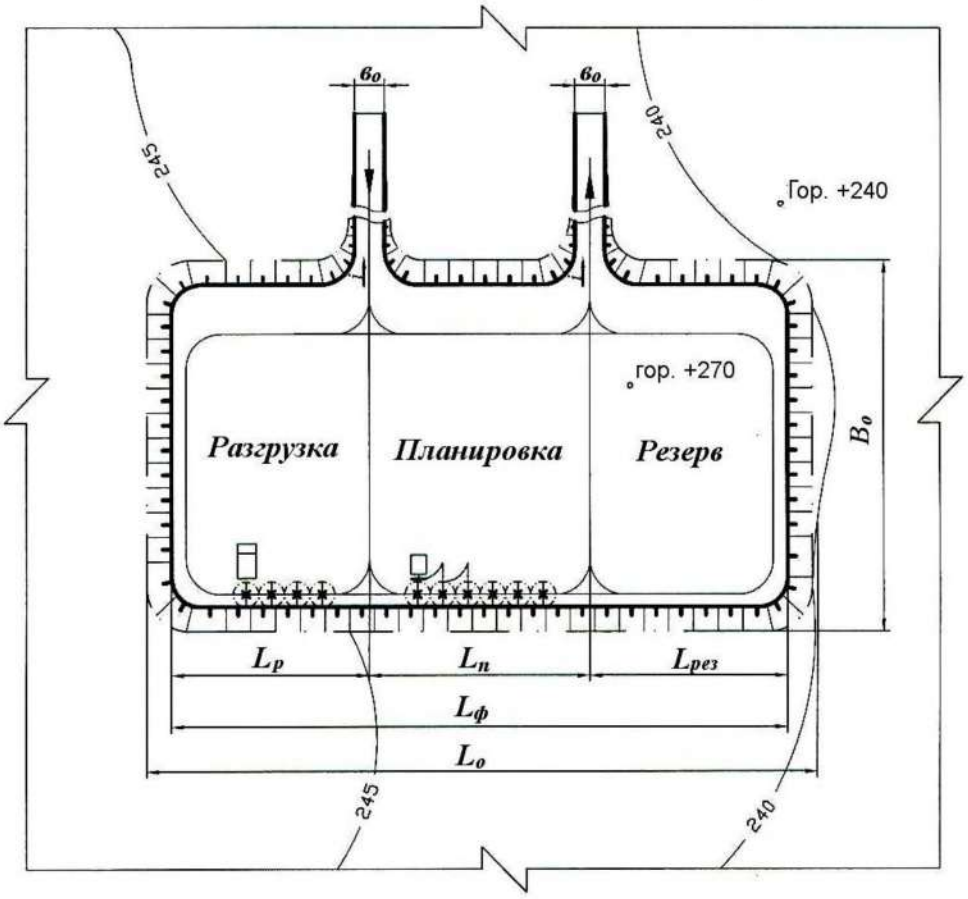



Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

9.2.3. Вычертить план бульдозерного отвала с выделением рабочих участков, участков, находящихся в планировке, и резервных участков (см. рис. 9.1).

***Форма отчетности.*** По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы результаты расчетов, а также план бульдозерного отвала.

## Контрольные вопросы к практической работе № 9

1. Перечислите способы отвалообразования, применяемые при открытой разработке месторождений.
2. В чем заключается отличительный признак бульдозерного отвалообразования?
3. Перечислите достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования.
4. Перечислите параметры отвалов.
5. От каких факторов зависит высота яруса отвала?
6. Перечислите операции технологии бульдозерного отвалообразования.

7. Перечислите параметры технологии бульдозерного отвалообразования.
8. Из каких участков состоит фронт отвальных работ при бульдозерном отвалообразовании?
9. Как соотносятся между собой размеры участков фронта отвальных работ?
10. От каких факторов зависит длина участка разгрузки?
11. Как определить количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на участке разгрузки?
12. Как определить объем бульдозерных работ по формированию отвала (по планировке вскрышных пород на отвале)?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. Хохряков, В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. Томаков, П. И.; Наумов, И. К. Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. Русский, И. И. Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.
5. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789
6. Репин, Н. Я. Практикум по дисциплине «Процессы открытых горных работ» : учебное пособие / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. — 2-е изд., стер. — Москва : Горная книга, 2018. — 156 с. — ISBN 978-5-98672-489-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/134951 (дата обращения: 17.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Исходные данные к лабораторной работе № 1 «Графическое изображение элементов горных работ»**

Таблица П.1.1 **Графическое изображение забоев и уступов**

| Номер варианта | Уступ | | | Забой | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | тип уступа, м | высота $H_р$, м | угол откоса, $A$, град | тип забоя | высота уступа, $H_у$, м | высота развала, $H_р$, м | ширина развала, $B_р$, м | ширина взрывной заходки, $B_б$, м | ширина заходки экскаватора (забоя), $A_э$, м | угол откоса, град: забоя, $F$ | угол откоса, град: уступа, $A$ | $R_{ч.у}$, м | $R_{ч.max}$, м | $R_1$, м | $R_2$, м | $H_{сл}$, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1 | Вскрышной | 12 | 70 | Экскаваторный (мехлопата) | 10 | | Без БВР | - | 13 | 65 | 70 | 9,04 | | | | |
| | Склад руды | 10 | 60 | Экскаваторный (драглайн) | 30 | | Без БВР | - | 25 | 40 | 65 | | 71,4 | | | |
| 2 | Рудный | 12 | 75 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 16 | 26 | 17 | 13 | 70 | 80 | 13,5 | | | | |
| | Отвал | 25 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | | Без БВР | - | 20 | 60 | 65 | 13,5 | | | | |
| 3 | Сложный (руда и порода) | 7,5 | 78 | Экскаваторный (роторный) | 10 | | Без БВР | - | 20 | 60 | 60 | | | 15 | 16 | 2 |
| | Отвал | 30 | 55 | бульдозерный | 7 | | Без БВР | - | 30 | 20 | 65 | | | | | |
| 4 | Вскрышной | 15 | 75 | бульдозерный | 5 | | Без БВР | - | 30 | 10 | 65 | | | | | |
| | Склад руды | 12 | 55 | Экскаваторный (драглайн) | 35 | | Без БВР | - | 25 | 30 | 60 | | 83,0 | | | |
| 5 | Рудный | 12 | 80 | Экскаваторный (роторный) | 17 | | Без БВР | - | 25 | 60 | 60 | | | 21 | 24 | 4 |
| | Отвал | 25 | 50 | Экскаваторный (драглайн) | 40 | | Без БВР | - | 35 | 35 | 55 | | 91,5 | | | |
| 6 | Вскрышной | 20 | 80 | Бульдозерный | 3 | | Без БВР | - | 25 | 10 | 65 | | | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | 15 | 45 | 30 | 15 | 50 | 80 | 12,6 | | | | |

Продолжение табл. П.1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Сложный | 7,5 | 70 | Экскаваторный (драглайн) | 40 | | Без БВР | - | 35 | 30 | 60 | | 94,8 | | | |
| | Вскрышной | 35 | 50 | Экскаваторный (роторный) | 15 | 15 | Без БВР | - | 24 | 55 | 55 | | | 21 | 24 | |
| 8 | Рудный | 15 | 75 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | | Без БВР | - | 20 | 60 | 65 | 13,5 | | | | |
| | Отвал | 30 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | | Без БВР | - | 18 | 45 | 70 | 12,6 | | | | |
| 9 | Вскрышной | 12 | 60 | Экскаваторный (драглайн) | 30 | | Без БВР | - | 30 | 40 | 65 | | 71,4 | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | | Без БВР | - | 14 | 55 | 60 | 14,3 | | | | |
| 10 | Рудный | 12 | 80 | Бульдозерный | 5 | | Без БВР | - | 35 | 10 | 65 | | | | | |
| | Отвал | 25 | 55 | Экскаваторный (роторный) | 17 | | Без БВР | - | 28 | 60 | 65 | 14,3 | | | | |
| 11 | Вскрышной | 15 | 65 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 18 | 45 | 32 | 15 | 55 | 75 | 14,3 | | | | |
| | Склад руды | 12 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | | Без БВР | - | 16 | 50 | 80 | 12,6 | | | | |
| 12 | Рудный | 15 | 80 | Экскаваторный (драглайн) | 40 | 40 | Без БВР | - | 30 | 30 | 60 | | 91,5 | | | |
| | Отвал | 25 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 15 | Без БВР | - | 20 | 55 | 65 | 15,2 | | | | |
| 13 | Сложный | 7,5 | 65 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 18 | 36 | 24 | 12 | 55 | 75 | 14,3 | | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Бульдозерный | 5 | | Без БВР | - | 35 | 15 | 65 | | | | | |
| 14 | Вскрышной | 20 | 80 | Экскаваторный (роторный) | 16 | | Без БВР | - | 25 | 60 | 60 | | | 18 | 24 | 8 |
| | Склад руды | 15 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | | Без БВР | - | 9 | 45 | 70 | 12,6 | | | | |
| 15 | Рудный | 20 | 75 | Бульдозерный | 10 | | Без БВР | - | 40 | 18 | 65 | | | | | |
| | Отвал | 20 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | | Без БВР | - | 13 | 55 | 65 | 12,6 | | | | |
| 16 | Сложный | 7,5 | 80 | Бульдозерный | 10 | 10 | Без БВР | - | 40 | 20 | 60 | | | | | |
| | Отвал | 25 | 50 | Экскаваторный (драглайн) | 30 | | Без БВР | - | 25 | 30 | 60 | | 71,4 | | | |

Продолжение табл. П.1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Вскрышной | 15 | 75 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | 14 | 36 | 24 | 18 | 45 | 70 | 12,6 | | | | |
| | Склад руды | 15 | 55 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | | Без БВР | - | 22 | 55 | 65 | 15,2 | | | | |
| 18 | Рудный | 15 | 80 | Бульдозерный | 7 | | Без БВР | - | 35 | 20 | 65 | | | | | |
| | Отвал | 25 | 50 | Экскаваторный (роторный) | 20 | | Без БВР | - | 34 | 60 | 60 | | | 29 | 33 | 5 |
| 19 | Вскрышной | 20 | 80 | Экскаваторный (драглайн) | 45 | | Без БВР | - | 25 | 35 | 60 | | 91,5 | | | |
| | Склад руды | 10 | 60 | Бульдозерный | 5 | 5 | Без БВР | - | | 15 | 60 | | | | | |
| 20 | Сложный | 10 | 70 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 12 | 28 | 6 | 12 | 55 | 75 | 14,3 | | | | |
| | Отвал | 30 | 50 | Бульдозерный | 5 | | Без БВР | - | | 17 | 65 | | | | | |
| 21 | Рудный | 12 | 70 | экскаваторный (мехлопата) | 15 | 15 | 28 | 8 | 14 | 55 | 75 | 14,3 | | | | |
| | Отвал | 35 | 50 | Экскаваторный (драглайн) | 40 | | Без БВР | - | 30 | 45 | 65 | | 91,5 | | | |
| 22 | Вскрышной | 12 | 65 | Экскаваторный (драглайн) | 30 | | Без БВР | - | 25 | 45 | 60 | | 83,0 | | | |
| | Склад руды | 12 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 10 | | Без БВР | - | 8 | 55 | 65 | 9,04 | | | | |
| 23 | Рудный | 15 | 70 | экскаваторный (драглайн) | 40 | | Без БВР | - | 35 | 45 | 65 | | 91,5 | | | |
| | Отвал | 25 | 50 | Экскаваторный (роторный) | 18 | | Без БВР | - | 27 | 65 | 65 | | | 18 | 26 | 8 |
| 24 | Вскрышной | 20 | 80 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 18 | 60 | 30 | 20 | 55 | 80 | 14,3 | | | | |
| | Склад руды | 12 | 55 | Бульдозерный | 3 | | Без БВР | - | 40 | 10 | 60 | | | | | |
| 25 | Рудный | 15 | 65 | Экскаваторный (мехлопата) | 10 | | Без БВР | - | 12 | 55 | 65 | 9,04 | | | | |
| | Отвал | 25 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | 12 | 28 | 6 | 14 | 50 | 80 | 14,3 | | | | |
| 26 | Сложный | 12 | 70 | Экскаваторный (драглайн) | 30 | 30 | Без БВР | - | 25 | 45 | 65 | | 71,4 | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Бульдозерный | 5 | | Без БВР | - | 20 | 20 | 55 | | | | | |

Окончание табл. П.1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | Рудный | 15 | 80 | Бульдозерный | 7 | | Без БВР | - | 25 | 18 | 60 | | | | | |
| | Отвал | 15 | 55 | Экскаваторный (роторный) | 16 | | Без БВР | - | 25 | 65 | 65 | | | 18 | 26 | 8 |
| 28 | Вскрышной | 15 | 75 | Экскаваторный (драглайн) | 40 | | Без БВР | - | 30 | 45 | 60 | | 83,5 | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | 9 | 24 | 7 | 12 | 45 | 70 | 12,6 | | | | |
| 29 | Сложный | 7,5 | 70 | Экскаваторный (мехлопата) | 10 | | Без БВР | - | 12 | 50 | 60 | 9,04 | | | | |
| | Склад руды | 10 | 50 | Бульдозерный | 7 | | Без БВР | - | 30 | 8 | 55 | | | | | |
| 30 | Рудный | 15 | 80 | Экскаваторный (мехлопата) | 15 | | Без БВР | - | 12 | 55 | 60 | 15,2 | | | | |
| | Отвал | 40 | 50 | Экскаваторный (мехлопата) | 12 | 14 | 48 | 32 | 16 | 45 | 70 | 12,6 | | | | |

Таблица П.1.2

**Графическое изображение траншей и съездов**

| Номер варианта | Горизонтальная траншея | | | | | | | | Наклонная траншея | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | тип траншеи | уклон косогора, $Y$, град | внешний радиус серпантины, $R_{вн}$, м | радиус поворота трассы, $R$, м | глубина траншеи, $H_{тр}$, м | ширина траншеи, $B_{тр}$, м | длина траншеи, $L_{тр}$, м | угол откоса борта траншеи, $G$, град | тип траншеи | ширина траншеи, $B_{тр}$, м | уклон траншеи, $i$, % | число вскрываемых уступов, ед. | высота уступа, $H_{у}$, м | угол откоса борта траншеи, $G$, град |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | На косогоре | 10 | | | 20 | 25 | | 65 | Съезд | 25 | 4 | 1 | 10 | 75 |
| | Внутри карьера | | | | 15 | 25 | 500 | 70 | Крутая траншея | 22 | 32 | 3 | 10 | 60 |
| 2 | Серпантина | 40 | 45 | 30 | | 25 | | 75 | Внешняя траншея | 25 | 6 | 1 | 12 | 50 |
| | На косогоре | 15 | | | 25 | 30 | 350 | 60 | Съезд | 30 | 8 | 1 | 10 | 65 |
| 3 | На косогоре | 12 | | | 10 | 18 | 400 | 60 | Внешняя траншея | 18 | 4 | 1 | 15 | 60 |
| | Серпантина | 35 | 60 | 35 | | 30 | | 70 | Крутая траншея | 25 | 27 | 3 | 17 | 70 |
| 4 | Серпантина | 45 | 60 | 35 | | 25 | | 80 | Внешняя групповая траншея | 25 | 4 | 2 | 10 | 70 |
| | Внутри карьера | | | | 10 | 35 | 500 | 80 | Съезд | 35 | 10 | 1 | 15 | 75 |

Продолжение табл. П.1.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Серпантина | 30 | 45 | 30 | | 20 | | 70 | Съезд | 20 | 6 | 1 | 12 | 50 |
| 6 | На косогоре | 13 | | | 20 | 30 | | 60 | Внешняя групповая траншея | 30 | 4 | 3 | 10 | 55 |
| | Внутри карьера | | | | 15 | 30 | 700 | 70 | Крутая траншея | 24 | 27 | 8 | 12 | 60 |
| 7 | Внутри карьера | | | | 10 | 22 | 500 | 80 | Съезд | 25 | 10 | 1 | 15 | 75 |
| | Серпантина | 60 | 50 | 30 | | 22 | | 75 | Крутая траншея | 25 | 32 | 6 | 12 | 75 |
| 8 | На косогоре | 10 | | | 17 | 28 | | 55 | Внешняя траншея | 30 | 8 | 1 | 15 | 75 |
| | Серпантина | 50 | 50 | 30 | | 30 | | 70 | Съезд | 30 | 10 | 1 | 12 | 65 |
| 9 | На косогоре | 8 | | | 12 | 25 | | 60 | Внешняя траншея | 24 | 4 | 1 | 15 | 60 |
| | Внутри карьера | | | | 15 | 22 | 550 | 65 | Крутая траншея | 22 | 32 | 4 | 12 | 65 |
| 10 | Серпантина | 30 | 45 | 30 | | 25 | | 75 | Внешняя групповая траншея | 22 | 4 | 2 | 10 | 70 |
| | На косогоре | 11 | | | 17 | | | 60 | Съезд | 22 | 4 | 1 | 20 | 55 |
| 11 | Внутри карьера | | | | 10 | 30 | 100 | 75 | Съезд | 26 | 6 | 1 | 20 | 75 |
| | Серпантина | 50 | 60 | 35 | | 25 | | 75 | Внешняя групповая траншея | 26 | 6 | 3 | 12 | 60 |
| 12 | Внутри карьера | | | | 15 | 22 | 200 | 65 | Внешняя траншея | 28 | 8 | 1 | 17 | 65 |
| | На косогоре | 12 | | | 25 | 30 | | 50 | Крутая траншея | 24 | 32 | 6 | 12 | 50 |
| 13 | Серпантина | 45 | 50 | 30 | | 28 | | 65 | Съезд | 30 | 8 | 1 | 15 | 60 |
| | На косогоре | 12 | | | | 28 | | 50 | Крутая траншея | 24 | 27 | 5 | 15 | 55 |
| 14 | Внутри карьера | | | | 12 | 22 | 700 | 70 | Внешняя траншея | 32 | 8 | 1 | 12 | 60 |
| | Серпантина | 30 | 50 | 35 | | 30 | | 75 | Съезд | 30 | 8 | 1 | 12 | 75 |
| 15 | На косогоре | 15 | | | 15 | 25 | | 60 | Съезд | 30 | 10 | 1 | 10 | 75 |
| | Серпантина | 45 | 50 | 35 | | 30 | | 70 | Крутая траншея | 22 | 27 | 4 | 10 | 60 |
| 16 | Внутри карьера | | | | 15 | 22 | 250 | 65 | Внешняя траншея | 22 | 4 | 1 | 15 | 65 |
| | Серпантина | 35 | 50 | 35 | | 25 | | 70 | Съезд | 24 | 6 | 1 | 15 | 70 |
| 17 | Внутри карьера | | | | 12 | 25 | 300 | 80 | Внешняя траншея | 24 | 6 | 1 | 17 | 70 |
| | На косогоре | 10 | | | 17 | 28 | | 75 | Крутая траншея | 24 | 32 | 6 | 12 | 65 |
| 18 | На косогоре | 15 | | | 25 | 30 | | 60 | Внешняя групповая траншея | 25 | 4 | 2 | 12 | 65 |
| | Серпантина | 40 | 50 | 35 | | 25 | | 65 | Съезд | 22 | 4 | 1 | 12 | 80 |

Окончание табл. П.1.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Серпантина | 60 | 60 | 40 | | 25 | | 75 | Съезд | 28 | 8 | 1 | 15 | 75 |
| | Внутри карьера | | | | 17 | 22 | 700 | 70 | Внешняя траншея | 28 | 8 | 1 | 20 | 60 |
| 20 | Внутри карьера | | | | 7,5 | 22 | 450 | 65 | Внешняя траншея | 25 | 6 | 1 | 20 | 60 |
| | На косогоре | 12 | | | 20 | 30 | | 50 | Крутая траншея | 24 | 27 | 8 | 15 | 55 |
| 21 | На косогоре | 8 | | | 12 | 30 | | 55 | Съезд | 24 | 8 | 1 | 20 | 70 |
| | Внутри карьера | | | | 10 | 28 | 500 | 75 | Крутая траншея | 22 | 27 | 8 | 10 | 65 |
| 22 | На косогоре | 8 | | | 10 | 25 | | 50 | Внешняя траншея | 30 | 8 | 1 | 15 | 60 |
| | Внутри карьера | | | | 12 | 25 | 700 | 80 | Съезд | 28 | 8 | 1 | 17 | 70 |
| 23 | Серпантина | 50 | 60 | 40 | | 28 | | 75 | Съезд | 30 | 8 | 1 | 12 | 70 |
| | На косогоре | 10 | | | 15 | 24 | | 55 | Крутая траншея | 24 | 32 | 7 | 12 | 60 |
| 24 | На косогоре | 8 | | | 15 | 24 | | 70 | Внешняя траншея | 26 | 8 | 1 | 15 | 65 |
| | Серпантина | 40 | 50 | 30 | | 24 | | 75 | Съезд | 26 | 10 | 1 | 12 | 75 |
| 25 | Серпантина | 60 | 70 | 40 | | 25 | | 65 | Внешняя траншея | 22 | 4 | 1 | 17 | 60 |
| | Внутри карьера | | | | 10 | 30 | 300 | 75 | Крутая траншея | 22 | 32 | 4 | 8 | 55 |
| 26 | Серпантина | 30 | 60 | 35 | | 25 | | 75 | Внешняя групповая траншея | 20 | 4 | 3 | 10 | 75 |
| | На косогоре | 8 | | | 12 | 25 | | 65 | Съезд | 22 | 6 | 1 | 15 | 80 |
| 27 | На косогоре | 10 | | | 12 | 30 | | 75 | Съезд | 28 | 10 | 1 | 17 | 80 |
| | Внутри карьера | | | | 7 | 30 | 600 | 65 | Внешняя траншея | 30 | 8 | 1 | 17 | 70 |
| 28 | Внутри карьера | | | | 15 | 30 | 600 | 75 | Внешняя групповая траншея | 24 | 6 | 3 | 12 | 60 |
| | Серпантина | 30 | 50 | 30 | | 25 | | 80 | Крутая траншея | 24 | 27 | 5 | 12 | 60 |
| 29 | На косогоре | 12 | | | 15 | 25 | | 63 | Съезд | | 8 | 1 | 15 | 70 |
| | Серпантина | 50 | 60 | 35 | | 30 | | 75 | Крутая траншея | 22 | 32 | | 15 | 55 |
| 30 | На косогоре | 15 | | | 25 | 25 | | 58 | Внешняя траншея | 26 | 8 | 1 | 17 | 60 |
| | Внутри карьера | | | | 20 | 25 | 500 | 70 | Съезд | 26 | 8 | 1 | 17 | 70 |
| 31 | Серпантина | 55 | 50 | 30 | | 25 | | 80 | Съезд | 28 | 8 | 1 | 15 | 70 |
| | На косогоре | 15 | | | 22 | 25 | | 60 | Крутая траншея | 22 | 32 | 6 | 12 | 65 |
| 32 | Внутри карьера | | | | 10 | 30 | 280 | 70 | Внешн. траншея | 24 | 4 | 1 | 17 | 65 |
| | Серпантина | 55 | 40 | 25 | | 23 | | 70 | Съезд | 26 | 6 | 1 | 12 | 70 |

***Исходные данные к практической работе № 2***
**«Определение объема капитальных траншей»**

| Вариант | $h_т$, м | $b_т$, м | $i$, ед. | $\alpha_т$, град | Исследуемая зависимость |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 10 | 0,025 | 35 | $V_т = f(b_т)$ |
| 2 | 6 | 12 | 0,030 | 40 | $V_т = f(\alpha_т)$ |
| 3 | 8 | 16 | 0,040 | 41 | $V_т = f(b_т)$ |
| 4 | 16 | 50 | 0,060 | 65 | $V_т = f(i)$ |
| 5 | 15 | 22 | 0,055 | 25 | $V_т = f(\alpha_т)$ |
| 6 | 35 | 29 | 0,060 | 50 | $V_т = f(b_т)$ |
| 7 | 45 | 26 | 0,080 | 65 | $V_т = f(\alpha_т)$ |
| 8 | 55 | 10 | 0,100 | 35 | $V_т = f(h_т)$ |
| 9 | 54 | 18 | 0,110 | 37 | $V_т = f(i)$ |
| 10 | 18 | 11 | 0,035 | 34 | $V_т = f(\alpha_т)$ |
| 11 | 41 | 22 | 0,085 | 62 | $V_т = f(h_т)$ |
| 12 | 26 | 17 | 0,036 | 40 | $V_т = f(i)$ |
| 13 | 37 | 44 | 0,085 | 43 | $V_т = f(h_т)$ |
| 14 | 19 | 23 | 0,040 | 38 | $V_т = f(i)$ |
| 15 | 82 | 30 | 0,120 | 49 | $V_т = f(b_т)$ |
| 16 | 66 | 38 | 0,066 | 62 | $V_т = f(\alpha_т)$ |
| 17 | 45 | 34 | 0,040 | 51 | $V_т = f(h_т)$ |
| 18 | 75 | 40 | 0,080 | 45 | $V_т = f(h_т)$ |
| 19 | 67 | 20 | 0,080 | 37 | $V_т = f(i)$ |
| 20 | 25 | 25 | 0,035 | 30 | $V_т = f(b_т)$ |

Приложение 3

***Исходные данные к практической работе № 3***

**«Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого коэффициента вскрыши»**

| Вариант | $L$, м | $M$, м | $H_к$, м | $h_н$, м | $\rho_{п.и}$, т/м$^3$ | $\gamma_{ср}$, град | $\eta_и$ | $П_{п.и}$, млн т/год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1200 | 300 | 350 | 45 | 2,8 | 40 | 0,92 | 10,7 |
| 2 | 1500 | 400 | 460 | 40 | 2,9 | 39 | 0,93 | 20,9 |
| 3 | 1700 | 500 | 170 | 20 | 3,0 | 38 | 0,94 | 12,8 |
| 4 | 1600 | 450 | 280 | 30 | 3,1 | 36 | 0,92 | 16,1 |
| 5 | 1400 | 350 | 390 | 40 | 3,2 | 35 | 0,93 | 14,0 |
| 6 | 1300 | 250 | 200 | 20 | 3,3 | 34 | 0,94 | 6,1 |
| 7 | 1900 | 550 | 210 | 30 | 3,2 | 33 | 0,93 | 17,9 |
| 8 | 1800 | 180 | 220 | 40 | 3,1 | 32 | 0,94 | 5,8 |
| 9 | 1900 | 280 | 330 | 30 | 3,0 | 31 | 0,95 | 15,4 |
| 10 | 2000 | 380 | 240 | 10 | 2,9 | 40 | 0,96 | 15,1 |
| 11 | 2200 | 200 | 450 | 25 | 3,1 | 41 | 0,97 | 20,0 |
| 12 | 1300 | 100 | 210 | 40 | 3,4 | 42 | 0,92 | 2,5 |
| 13 | 1500 | 250 | 180 | 15 | 2,1 | 43 | 0,93 | 4,5 |
| 14 | 1900 | 150 | 250 | 30 | 2,8 | 44 | 0,94 | 5,7 |
| 15 | 1200 | 230 | 320 | 45 | 2,7 | 45 | 0,92 | 7,9 |
| 16 | 1800 | 210 | 280 | 20 | 2,5 | 44 | 0,94 | 9,1 |
| 17 | 2200 | 190 | 345 | 25 | 3,0 | 43 | 0,95 | 13,2 |
| 18 | 1900 | 245 | 360 | 35 | 1,9 | 40 | 0,92 | 8,7 |
| 19 | 2100 | 320 | 500 | 10 | 2,7 | 39 | 0,93 | 9,9 |
| 20 | 1600 | 195 | 370 | 12 | 2,5 | 38 | 0,95 | 9,7 |

***Исходные данные к практической работе № 4***
**«Расчет заряда одиночной скважины»**

Расчет проводится для станков шарошечного бурения (СБШ), пород II – IV классов по буримости и взрываемости, III – IV категорий по трещиноватости, сухих вертикальных скважин, сплошных колонковых зарядов.

| Вариант | $d_д$, мм | $f$ | $H_у$, м | $\alpha_р$, град | Тип ВВ | $\Delta$, кг/дм$^3$ | $q'$, кг/м$^3$ | $K_{ВВ}$ | $\alpha_у$, град |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 214 | 9,7 | 10 | 65 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 0,85 | 1,00 | 55 |
| 2 | 190 | 8,0 | 10 | 70 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 0,80 | 1,00 | 55 |
| 3 | 243 | 14,0 | 12 | 65 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 0,95 | 1,00 | 55 |
| 4 | 320 | 15,9 | 12 | 70 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 1,10 | 1,00 | 55 |
| 5 | 243 | 12,0 | 15 | 70 | Ифзанит Т-80 | 1,0 | 0,90 | 1,08 | 55 |
| 6 | 214 | 8,7 | 15 | 75 | Ифзанит Т-80 | 1,0 | 0,80 | 1,08 | 55 |
| 7 | 320 | 14,5 | 18 | 75 | Ифзанит Т-80 | 1,0 | 1,20 | 1,08 | 55 |
| 8 | 214 | 9,0 | 18 | 80 | Ифзанит Т-80 | 1,0 | 0,85 | 1,08 | 55 |
| 9 | 190 | 8,5 | 10 | 75 | Игданит | 1,0 | 0,80 | 1,13 | 55 |
| 10 | 269 | 11,4 | 15 | 80 | Игданит | 1,0 | 0,90 | 1,13 | 55 |
| 11 | 320 | 16,4 | 20 | 65 | Граммонит 50/50 | 1,0 | 1,20 | 1,01 | 55 |
| 12 | 320 | 15,2 | 10 | 70 | Граммонит 50/50 | 1,0 | 1,20 | 1,01 | 55 |
| 13 | 269 | 11,2 | 15 | 65 | Граммонит 50/50 | 1,0 | 1,15 | 1,01 | 55 |
| 14 | 190 | 8,0 | 20 | 70 | Граммонит 50/50 | 1,0 | 0,75 | 1,01 | 55 |
| 15 | 269 | 10,0 | 12 | 70 | Ифзанит | 1,0 | 0,80 | 1,08 | 55 |
| 16 | 190 | 16,0 | 10 | 80 | Ифзанит | 1,0 | 1,20 | 1,08 | 55 |
| 17 | 320 | 16,4 | 12 | 65 | Ифзанит | 1,0 | 1,20 | 1,08 | 55 |
| 18 | 214 | 14,5 | 20 | 70 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 1,15 | 1,00 | 55 |
| 19 | 269 | 15,0 | 15 | 70 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 1,20 | 1,00 | 55 |
| 20 | 214 | 8,0 | 20 | 75 | Граммонит 79/21 | 0,9 | 0,80 | 1,00 | 55 |

Приложение 5

**Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород**

| Крепость пород, $f$ | 2 | 4 | 6 | 8 - 10 | 12 - 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_{разб}$ | 1,00 | 1,05 | 1,04 | 1,037 - 1,031 | 1,03 - 1,021 | 1,02 |

Приложение 6

**Значение коэффициента $k_з$**

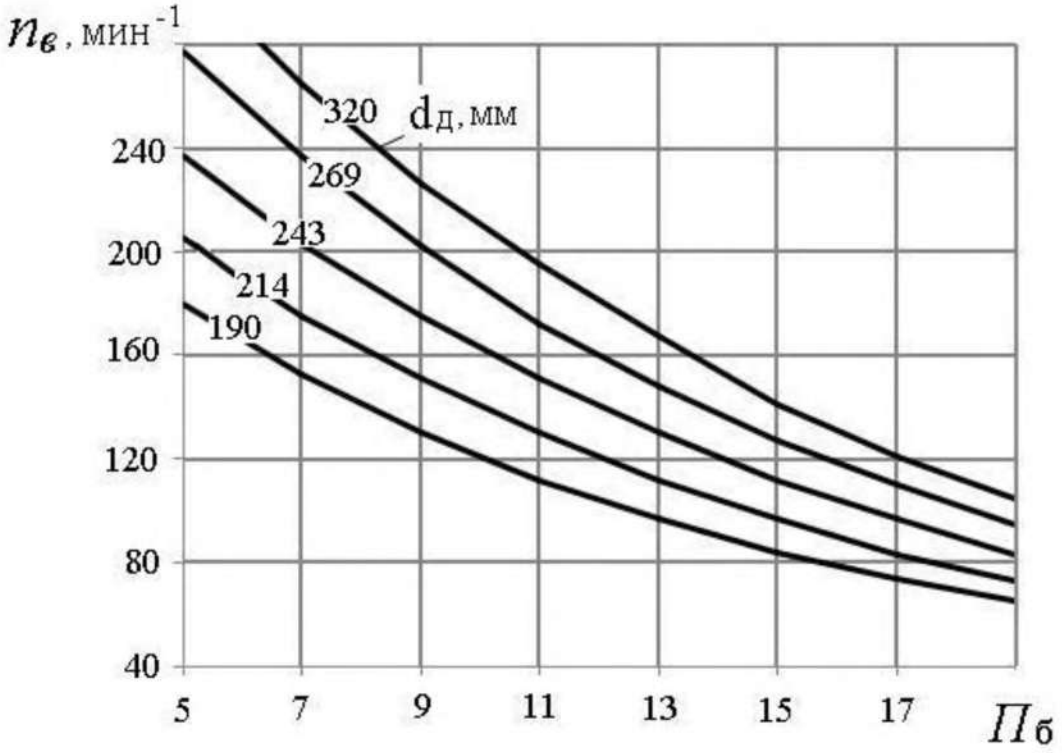
| Время замедления, $\tau$, мс | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 и более |
|---|---|---|---|---|---|
| $k_з$ | 1 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 |

***Исходные данные к практической работе № 5***
**«Расчет производительности бурового станка»**

| Вариант | $d_д$, мм | $\sigma_{сж}$, МПа | $\sigma_{сд}$, МПа | $\rho$, т/м$^3$ | $T_{см}$, ч/смен | $T_в$, ч/м | $(T_{п.з} + T_р)$, ч/смен |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 214 | 97 | 13 | 3,4 | 8 | 0,03 | 0,5 |
| 2 | 190 | 80 | 9 | 3,0 | 12 | 0,03 | 0,7 |
| 3 | 243 | 140 | 14 | 3,8 | 8 | 0,04 | 0,6 |
| 4 | 320 | 159 | 16 | 2,7 | 12 | 0,04 | 0,7 |
| 5 | 243 | 120 | 10 | 2,5 | 8 | 0,05 | 0,5 |
| 6 | 214 | 87 | 10 | 3,9 | 12 | 0,05 | 0,7 |
| 7 | 320 | 145 | 17 | 3,7 | 8 | 0,03 | 0,6 |
| 8 | 214 | 90 | 10 | 2,7 | 12 | 0,03 | 0,7 |
| 9 | 190 | 95 | 17,5 | 2,8 | 8 | 0,04 | 0,5 |
| 10 | 269 | 113,5 | 8,5 | 2,9 | 12 | 0,04 | 0,7 |
| 11 | 320 | 164 | 8,5 | 3,1 | 8 | 0,05 | 0,6 |
| 12 | 320 | 152 | 9 | 4,0 | 12 | 0,05 | 0,7 |
| 13 | 269 | 112 | 14 | 3,4 | 8 | 0,03 | 0,5 |
| 14 | 190 | 80 | 8 | 2,3 | 12 | 0,03 | 0,7 |
| 15 | 269 | 100 | 15 | 2,4 | 8 | 0,04 | 0,6 |
| 16 | 190 | 160 | 10 | 3,2 | 8 | 0,03 | 0,7 |
| 17 | 320 | 164 | 9 | 2,7 | 12 | 0,04 | 0,6 |
| 18 | 214 | 145 | 16 | 2,3 | 8 | 0,03 | 0,5 |
| 19 | 269 | 150 | 15 | 3,1 | 12 | 0,04 | 0,7 |
| 20 | 214 | 80 | 12 | 2,5 | 8 | 0,05 | 0,6 |

Приложение 8

**Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$**




Приложение 9

**Значение коэффициента $k$ в зависимости от показателя буримости горных пород**

| $П_б$ | ≥ 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | 0,700 | 0,725 | 0,750 | 0,775 | 0,800 | 0,825 |

Приложение 10

***Исходные данные для расчетов к практической работе № 6***
**«Расчет производительности карьерных экскаваторов»**

| Вариант | Модель экскаватора | Категория пород по трудности экскавации | β, град | $T_{см}$, ч/смен | $n_г$, дней/год | Вид транспорта | $k_и$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ЭКГ-3,2 | III | 90 | 8 | 260 | Авто | 0,75 |
| 2 | ЭКГ-5А | IV | 130 | 12 | 260 | Ж.-д. | 0,60 |
| 3 | ЭКГ-8И | V | 120 | 8 | 250 | Авто | 0,72 |
| 4 | ЭКГ-6,3УС | III | 100 | 12 | 250 | Ж.-д. | 0,63 |
| 5 | ЭКГ-5А | IV | 120 | 8 | 250 | Авто | 0,74 |
| 6 | ЭКГ-8И | V | 130 | 12 | 250 | Ж.-д. | 0,68 |
| 7 | ЭКГ-6,3УС | III | 120 | 8 | 250 | Авто | 0,75 |
| 8 | ЭКГ-12,5 | IV | 110 | 12 | 230 | Ж.-д. | 0,65 |
| 9 | ЭКГ-3,2 | V | 90 | 8 | 260 | Авто | 0,73 |
| 10 | ЭКГ-5А | III | 120 | 12 | 240 | Ж.-д. | 0,68 |
| 11 | ЭКГ-6,3УС | IV | 130 | 8 | 240 | Авто | 0,75 |
| 12 | ЭКГ-8И | V | 140 | 12 | 240 | Ж.-д. | 0,63 |
| 13 | ЭКГ-12,5 | III | 150 | 8 | 250 | Авто | 0,73 |
| 14 | ЭКГ-20 | IV | 90 | 12 | 230 | Ж.-д. | 0,64 |
| 15 | ЭКГ-5А | V | 120 | 8 | 240 | Авто | 0,74 |
| 16 | ЭКГ-3,2 | III | 110 | 12 | 260 | Ж.-д. | 0,65 |
| 17 | ЭКГ-5А | IV | 115 | 8 | 240 | Авто | 0,75 |
| 18 | ЭКГ-6,3УС | V | 140 | 12 | 250 | Ж.-д. | 0,68 |
| 19 | ЭКГ-8И | III | 95 | 8 | 240 | Авто | 0,74 |
| 20 | ЭКГ-12,5 | IV | 115 | 12 | 250 | Ж.-д. | 0,63 |

Приложение 11

**Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)**

| Категория пород по трудности экскавации | Плотность пород в целике ρ, т/м$^3$ | $k_р$ | $k_н$ |
|---|---|---|---|
| I | 1,6 | 1,15 | 1,05 |
| II | 1,8 | 1,25 | 1,05 |
| III | 2,0 | 1,35 | 0,95 |
| IV | 2,5 | 1,50 | 0,90 |
| V | 3,5 | 1,60 | 0,90 |

***Исходные данные для расчетов к практической работе № 7***
**«Определение производительности карьерных автосамосвалов»**

| Вариант | Категория пород (по ЕНВ) | Параметры трассы | | Исследуемая зависимость |
|---|---|---|---|---|
| | | $L$, км | $H_п$, м | |
| 1 | I | 1,2 | 20 | $Q_а = f(L)$ |
| 2 | II | 4,0 | 80 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 3 | III | 1,4 | 40 | $Q_а = f(L)$ |
| 4 | IV | 3,8 | 20 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 5 | V | 1,6 | 60 | $Q_а = f(L)$ |
| 6 | I | 3,6 | 200 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 7 | II | 1,8 | 100 | $Q_а = f(L)$ |
| 8 | III | 3,4 | 120 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 9 | IV | 2,0 | 60 | $Q_а = f(L)$ |
| 10 | V | 3,2 | 140 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 11 | I | 2,2 | 80 | $Q_а = f(L)$ |
| 12 | II | 3,0 | 140 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 13 | III | 2,4 | 140 | $Q_а = f(L)$ |
| 14 | IV | 2,8 | 60 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 15 | V | 2,6 | 160 | $Q_а = f(L)$ |
| 16 | I | 4,0 | 200 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 17 | II | 1,0 | 20 | $Q_а = f(L)$ |
| 18 | III | 1,4 | 60 | $Q_а = f(H_п)$ |
| 19 | IV | 1,8 | 80 | $Q_а = f(L)$ |
| 20 | V | 3,6 | 220 | $Q_а = f(H_п)$ |

Приложение 13

**Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ**

| Показатель | Модель автосамосвала | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | БелАЗ - 7540 | БелАЗ - 7548 | БелАЗ - 7549 | БелАЗ - 7514 | БелАЗ - 7521 |
| Грузоподъемность, $q_а$, т…….. | 30,0 | 42,0 | 80,0 | 120,0 | 180,0 |
| Собственная масса, $G_а$, т…… | 21,9 | 29,5 | 67,0 | 95,0 | 163,0 |
| Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м$^3$…… | 15,0 | 21,0 | 35,0 | 47,0 | 84,0 |
| Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м$^3$ …… | 18,0 | 26,0 | 46,0 | 61,0 | 110,0 |
| К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$ …….. | 0,70 | 0,70 | 0,78 | 0,77 | 0,77 |
| Мощность двигателя, $N_д$, кВт…… | 310 | 368,0 | 809 | 1029,0 | 1691 |
| Продолжительность, мин: | | | | | |
| маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$ …… | 0,50 | 0,59 | 0,64 | 0,70 | 0,87 |
| маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …… | 0,54 | 0,64 | 0,69 | 0,76 | 0,94 |
| разгрузки, $t_р$ …… | 0,67 | 0,78 | 1,00 | 1,17 | 1,51 |
| Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, $T$, м | 10,5 | 11,5 | 14,5 | 16,0 | 19,0 |

Приложение 14

**Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{т.г}$)**

| Грузоподъемность автосамосвала, т | Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, $L_с$, км | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| 30 – 42 | 0,94 | 0,88 | 0,84 | 0,80 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |
| 80 | 0,93 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,69 | 0,64 |
| 110 – 180 | 0,92 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,68 | 0,64 |

**Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов ($v_{ср.т}$), км/ч**

| Расстояние, $L$, км | Высота подъема горной массы, $H_п$, м | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 |
| 1,0 | 22,7 | 21,1 | 18,4 | 16,0 | | | | | | | | | |
| 1,2 | 23,9 | 21,8 | 19,5 | 17,5 | 15,8 | | | | | | | | |
| 1,4 | 24,1 | 22,0 | 20,0 | 18,3 | 16,7 | | | | | | | | |
| 1,6 | 24,7 | 22,5 | 20,6 | 19,0 | 17,6 | 16,3 | | | | | | | |
| 1,8 | 25,3 | 23,3 | 21,5 | 19,9 | 18,6 | 17,4 | 16,2 | | | | | | |
| 2,0 | 26,0 | 24,0 | 22,3 | 20,8 | 19,5 | 18,3 | 17,2 | | | | | | |
| 2,2 | 26,7 | 24,8 | 23,1 | 21,7 | 20,4 | 19,2 | 18,1 | 17,2 | | | | | |
| 2,4 | 27,3 | 25,5 | 23,9 | 22,5 | 21,2 | 20,0 | 19,0 | 18,0 | 17,2 | | | | |
| 2,6 | 27,9 | 26,2 | 24,6 | 23,2 | 22,0 | 20,8 | 19,8 | 18,9 | 17,9 | 17,2 | | | |
| 2,8 | 28,6 | 26,9 | 25,4 | 24,0 | 22,7 | 21,6 | 20,6 | 19,6 | 18,8 | 18,0 | | | |
| 3,0 | 29,2 | 27,5 | 26,1 | 24,7 | 23,5 | 22,4 | 21,3 | 20,4 | 19,5 | 18,7 | 18,0 | | |
| 3,2 | 29,7 | 28,2 | 26,7 | 25,3 | 24,2 | 23,2 | 22,0 | 21,1 | 20,2 | 19,4 | 18,6 | | |
| 3,4 | 30,4 | 28,8 | 27,4 | 26,1 | 24,9 | 23,7 | 22,7 | 21,8 | 20,9 | 20,1 | 19,2 | 18,2 | |
| 3,6 | 31,0 | 29,4 | 28,0 | 26,7 | 25,5 | 24,4 | 23,4 | 22,5 | 21,6 | 20,8 | 19,6 | 18,7 | 17,7 |
| 3,8 | 31,6 | 30,0 | 28,6 | 27,4 | 26,1 | 25,1 | 24,1 | 23,1 | 22,3 | 21,4 | 20,2 | 19,4 | 18,4 |
| 4,0 | 32,0 | 30,6 | 29,2 | 28,0 | 26,8 | 25,7 | 24,7 | 23,8 | 22,9 | 22,1 | 20,9 | 20,0 | 19,2 |

***ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 8***
**«Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»**

| Вариант | $H_у$, м | $n_{ру}$ | α, град | $\alpha_у$, град | $b_с$, м | $i$, ед | Исследуемая зависимость φ от следующих параметров |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 3 | 65 | 55 | 16 | 0,08 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 2 | 10 | 4 | 70 | 55 | 12 | 0,04 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 3 | 12 | 5 | 65 | 52 | 15 | 0,06 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 4 | 12 | 3 | 70 | 64 | 20 | 0,03 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 5 | 15 | 4 | 70 | 60 | 15 | 0,04 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 6 | 15 | 5 | 75 | 67 | 18 | 0,06 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 7 | 18 | 3 | 75 | 70 | 12 | 0,03 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 8 | 18 | 4 | 80 | 70 | 10 | 0,04 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 9 | 10 | 5 | 75 | 68 | 15 | 0,06 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 10 | 15 | 3 | 80 | 69 | 16 | 0,03 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 11 | 20 | 4 | 65 | 57 | 12 | 0,04 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 12 | 10 | 5 | 70 | 60 | 13 | 0,06 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 13 | 15 | 3 | 65 | 57 | 10 | 0,03 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 14 | 20 | 4 | 70 | 65 | 15 | 0,04 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 15 | 12 | 5 | 70 | 59 | 16 | 0,06 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 16 | 10 | 3 | 80 | 68 | 17 | 0,03 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 17 | 12 | 4 | 65 | 58 | 18 | 0,04 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 18 | 20 | 5 | 70 | 60 | 15 | 0,06 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |
| 19 | 15 | 3 | 70 | 60 | 12 | 0,08 | $\varphi = f(H_у)$ |
| 20 | 20 | 4 | 75 | 60 | 13 | 0,04 | $\varphi = f(Ш_{р.п})$ |

***ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 9***
**«Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»**

| Вариант | $W$, млн м$^3$ | $П_в^г$, млн м$^3$/год | Характеристика складируемых пород | |
|---|---|---|---|---|
| | | | тип | ρ, т/м$^3$ |
| 1 | 160 | 8,0 | Рыхлые | 1,6 |
| 2 | 180 | 9,0 | Полускальные | 1,8 |
| 3 | 200 | 10,0 | Полускальные | 2,0 |
| 4 | 220 | 11,0 | Скальные | 2,5 |
| 5 | 120 | 5,0 | Скальные | 3,5 |
| 6 | 140 | 6,0 | Рыхлые | 1,6 |
| 7 | 185 | 7,5 | Полускальные | 1,8 |
| 8 | 260 | 12,5 | Полускальные | 2,0 |
| 9 | 170 | 8,5 | Скальные | 2,5 |
| 10 | 210 | 9,5 | Скальные | 3,5 |
| 11 | 250 | 13,0 | Рыхлые | 1,6 |
| 12 | 280 | 13,5 | Полускальные | 1,8 |
| 13 | 300 | 14,0 | Полускальные | 2,0 |
| 14 | 320 | 14,5 | Скальные | 2,5 |
| 15 | 195 | 9,0 | Скальные | 3,5 |
| 16 | 100 | 5,0 | Рыхлые | 1,6 |
| 17 | 150 | 7,5 | Полускальные | 1,8 |
| 18 | 200 | 9,4 | Полускальные | 2,0 |
| 19 | 210 | 8,3 | Скальные | 2,5 |
| 20 | 240 | 12,7 | Скальные | 3,5 |

Приложение 18

**Значение коэффициентов $k_{\text{р}}^{\circ}$, $k_{\text{зав}}$ и высоты яруса $h_{\text{я}}$**

| Породы | $h_{\text{я}}$, м | Значения коэффициентов | |
|---|---|---|---|
| | | $k_{\text{р}}^{\circ}$ | $k_{\text{зав}}$ |
| Скальные ..... | 30 - 60 | 1,12 - 1,20 | 0,7 |
| Полускальные, смешанные ..... | 20 - 40 | 1,06 - 1,12 | 0,8 |
| Рыхлые, глинистые ..... | 15 - 20 | 1,05 - 1,07 | 0,9 |

Приложение 19

**Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)**

| Тип бульдозера | Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, м$^3$ | | |
|---|---|---|---|
| | рыхлые | полускальные | скальные |
| Д-685 на базе Т-100М | 1100 | 950 | 750 |
| ДЗ-27 на базе Т-130 | 1500 | 1300 | 1000 |
| Д-575 на базе Т-180 | 1900 | 1650 | 1300 |
| ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М | 2200 | 1850 | 1500 |
| ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01 | 4740 | 4000 | 3230 |
| D10N (фирма «Катерпиллер») | 3730 | 3130 | 2536 |
| D11N (фирма «Катерпиллер») | 5510 | 4630 | 3750 |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.ДВ.01.03 ВЕДЕНИЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело»***

Автор: Батанин Ф.К. ст. преподаватель, Кочнева Л.В. ст. преподаватель

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 20.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Оглавление

Методические указания по выполнению контрольной работы.....3
Практико-ориентированное задание №1 «Ликвидация аварий и чрезвычайных ситуаций на горных предприятиях».....4
Практико-ориентированное задание №2 «Тактические приемы аварийно-спасательных работ» .....7

## Методические указания по выполнению контрольной работы

В соответствии с учебным планом при изучении дисциплины «Ведение аварийно-спасательных работ» каждый студент специальности 21.05.04 «Горное дело» направленности (профиля) «***Мехатроника и робототехника промышленных комплексов***» выполняет 2 (две) контрольных работы.

Каждая контрольная работа содержит ответ на теоретический вопрос и выполнение практико-ориентированного задания.

Контрольные работы выполняются по следующим темам:

- контрольная работа №1 «Ликвидация аварий и чрезвычайных ситуаций на горных предприятиях»;
- контрольная работа №2 «Тактические приемы аварийно-спасательных работ».

Контрольные работы выполняются студентами в течение семестра и передаются на проверку (рецензирование) преподавателем. Успешное выполнение контрольных работ является обязательным условием допуска студента к сдаче экзамена по дисциплине.

Вариант для выполнения задания выбирается по списку!

К контрольной работе предъявляются следующие требования:

1) работа должна быть полностью выполнена и аккуратно оформлена;
2) текст работы может быть рукописным или машинописным;
3) все страницы должны быть пронумерованы и на каждой оставлены поля (25-30 мм) для замечаний рецензента;
4) необходимые схемы и чертежи должны выполняться с использованием чертежных принадлежностей;
5) на первой странице необходимо указать вариант контрольной работы и его содержание, в конце работы приводится список использованной литературы, составленный в соответствии с библиографическими требованиями;
6) выполненная работа в конце обязательно подписывается студентом с указанием даты ее выполнения;
7) работа, оформленная с нарушением перечисленных требований, к рассмотрению не принимается.

Сроки выполнения контрольных работ фиксируются учебным графиком. Выполненная работа рецензируется и оценивается преподавателем («зачтено» или «не зачтено»). В случае отрицательной рецензии студент должен исправить все ошибки и дать исчерпывающие ответы. Стирать или зачеркивать замечания не разрешается. Исправленная работа направляется на повторное рецензирование. Исправления отдельно от работы не рассматриваются.

# Контрольная работа №1 «Ликвидация аварий и чрезвычайных ситуаций на горных предприятиях»

## I. Теоретический вопрос:

1. Аппараты для защиты органов дыхания и приборы для ее проверки военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
2. Горноспасательные работы в выработках с непригодной для дыхания атмосферой. Разведка горных выработок.
3. Организация руководства работами по локализации и ликвидации аварии и горноспасательными работами.
4. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии. Назначение, состав и прилагаемые документы.
5. Виды аварий на горных предприятиях и причины их возникновения.
6. Средства защиты и противотепловой защиты военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
7. Средства первой и медицинской помощи и приборы их проверки военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
8. Состав и структура военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
9. Действия лиц, участвующих в локализации и ликвидации аварии.
10. Порядок проведения аттестации аварийно-спасательных служб (формирований) и спасателей
11. Организация подземной базы и связи при ведении горноспасательных работ.
12. Основные задачи, численность, состав, структура, комплектование, оснащение и руководство вспомогательными горноспасательными командами (ВГК).
13. Назначение, принципы деятельности, задачи и функции ВГСЧ. Обеспечение форменной и спецодеждой работников ВГСЧ.
14. Требования к комплектованию военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ). Состав ВГСЧ и служебные группы. Условия несения службы, прием на службу, испытание. Режим несения службы. Распорядок дня.
15. Оплата труда работников военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).

## II. Практико-ориентированное задание

Для вашего производственного объекта (по материалам технологической практики или практики по получению опыта профессиональной деятельности практик) разработать донесение о ходе ликвидации аварии (пример форм заполняемых документов приведен ниже).

## ДОНЕСЕНИЕ О ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ

**Объект:**

**Вышестоящая организация:**

**Место аварии:**

**Характер аварии:**

**Время возникновения аварии:**

**Ответственный руководитель работ по ликвидации аварии:**

**Руководитель горноспасательных работ:**

| Дата | Часы и минуты | Содержание заданий по ликвидации аварии и срок выполнения | Ответственные лица за выполнение задания | Отметка об исполнении заданий (число, часы, минуты) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Ответственный руководитель ликвидацией аварии _____

Руководитель горноспасательными работами _____

# ОПЕРАТИВНЫЙ ПЛАН №

Составлен __ч ___ мин « ___» _____ 20___ г.

Обстановка в шахте:

| № п/п | Описание | Срок выполнения | Ответственный за выполнение |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |

Ответственный руководитель ликвидацией аварии _____

Руководитель горноспасательными работами _____

# Контрольная работа №2 «Тактические приемы аварийно-спасательных работ»

## I. Теоретический вопрос:

1. Приборы для контроля параметров рудничной атмосферы военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
2. Средства связи, оповещения и навигации ВГСЧ.
3. Диспозиция выездов подразделений военизированных горноспасательных частей. Путевка на выезд подразделения. Организация командного пункта.
4. Тушение пожаров на объектах ведения горных работ, опасных по газу и (или) пыли.
5. Выезд подразделений военизированных горноспасательных частей для проведения горноспасательных работ.
6. Проветривание горных выработок при локализации и ликвидации последствий аварий.
7. Тушение пожаров методом изоляции горных выработок.
8. Перечень минимального оснащения отделения военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
9. Ликвидация последствий прорыва воды, заиловки, горной массы.
10. Ликвидация последствий взрывов горючих газов и (или) пыли.
11. Ликвидация последствий горного удара, обрушения горных пород.
12. Тушение пожаров в горных выработках. Способы тушения. Тушение пожара активным способом.
13. Средства и установки для тушения пожаров военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).
14. Тушение пожаров в тупиковых, наклонных и вертикальных горных выработках.
15. Тушение пожаров на объектах ведения горных работ, опасных по газу и (или) пыли.

## II. Практико-ориентированное задание

Ведение горноспасательных работ в горных выработках с непригодной для дыхания атмосферой

При работе в горных выработках с непригодной для дыхания атмосферой в бал-лоне дыхательного аппарата (далее – ДА) со сжатым кислородом или кислородно-азотной смесью (далее - дыхательная смесь) должен резервироваться запас дыхательной смеси, соответствующий давлению 5 МПа (50 атм).

Рабочий запас дыхательной смеси в баллоне ДА, соответствующий давлению 15 МПа (150 атм), следует расходовать исходя из расчета:

при передвижении вверх, по горизонтальным горным выработкам или вниз по горным выработкам с углом наклона до 10° включительно - половину рабочего запаса на передвижение в направлении вперед и половину на возвращение;

при передвижении по горным выработкам с углом наклона более 10° вниз - одну треть рабочего запаса на передвижение в направлении вперед и две трети - на воз-вращение.

Если отделение передвигается по горным выработкам с непригодной для дыхания атмосферой с использованием механических транспортных средств, запас дыхательной смеси в баллоне ДА на обратный путь определяется из расчета возвращения пешком.

*Вариант 1*

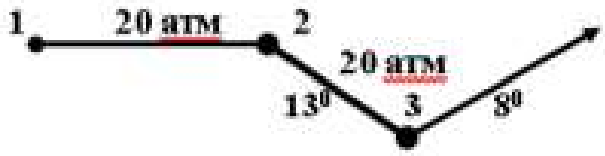
1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 210 атм, резерв кислорода 50 атм

*Вариант 2*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 20 0 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 3*

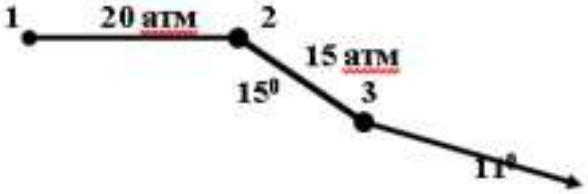
1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 210 атм, резерв кислорода 50 атм

*Вариант 4*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

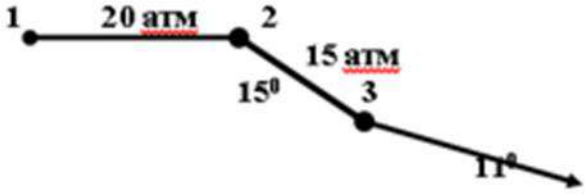
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 210 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 5*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 200 атм, резерв кислорода 50 атм

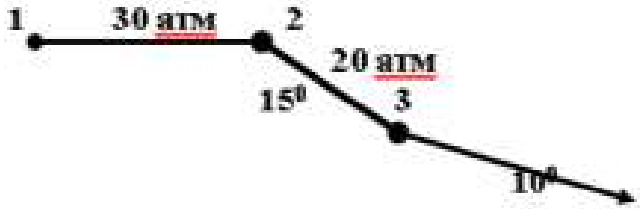



*Вариант 6*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»

2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

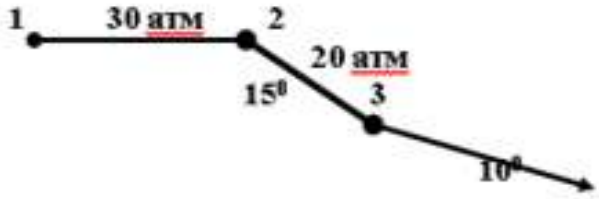
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 210 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 7*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

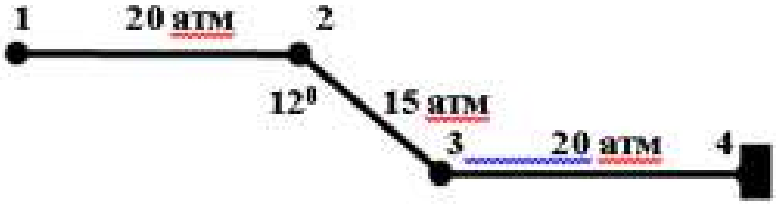
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 200 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 8*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «4»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

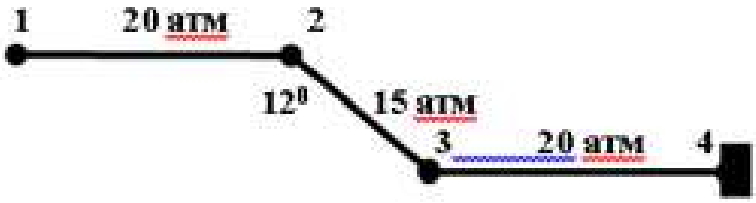
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 190 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 9*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «4»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

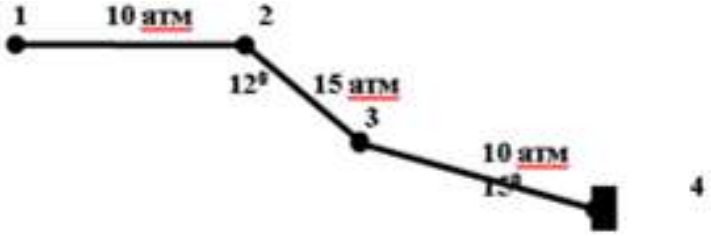
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 200 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 10*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «4»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

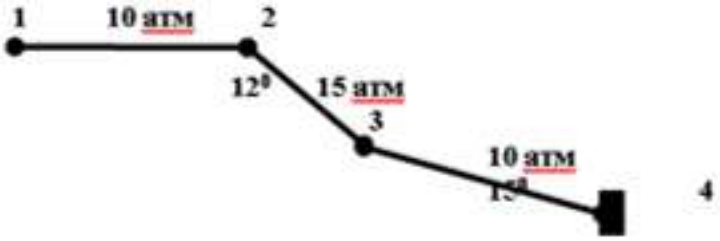
Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 210 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 11*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «4»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 200 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант 12*

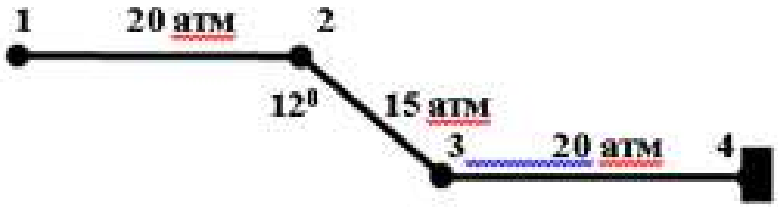
1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 195 атм, резерв кислорода 50 атм

*Вариант 13*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «4»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 195 атм, резерв кислорода 50 атм




*Вариант14*

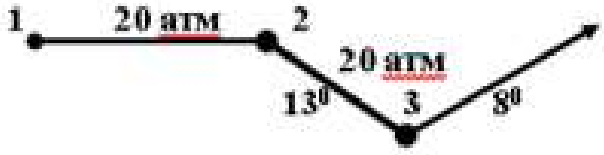
1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 195 атм, резерв кислорода 50 атм

*Вариант15*

1. Определить расход кислорода на движение вперед из точки «3»
2. При каком давлении кислорода в баллоне респиратора отделение возвращается на ПБ.

Для расчета принимаем: первоначальное давление в баллоне 190 атм, резерв кислорода 50 атм



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# Б1.О.ДВ.01.03 ВЕДЕНИЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело»***

Автор: Батанин Ф.К., ст. преподаватель, Кочнева Л.В., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Безопасности горного производства
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*

Елохин В.А.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 20.09.2023
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией

Горнотехнологического факультета
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Колчина Н.В.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 20.10.2023
*(Дата)*

Екатеринбург

# ВВЕДЕНИЕ

## Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, содержание дисциплины с указанием объема лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- ответить на вопросы тестов.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения экзамена. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка выполнения тестовых заданий. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в программе. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (тестов), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

**Работа с книгой**

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений, способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки и основные понятия, новые незнакомые термины, названия, определения и т.п. Весьма целесооб-

разно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением необходимых упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации**

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы тестов по темам программы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

## ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Ведение аварийно-спасательных работ» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине. Работа с материалом должна носить системный характер.

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Студенты должны предварительно поработать над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «Ведение аварийно-спасательных работ» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «Ведение аварийно-спасательных работ».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

## УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

2. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя. [Электронный ресурс]: федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

3. Об утверждении Положения о профессиональных аварийно-спасательных службах, профессиональных аварийно-спасательных формированиях, выполняющих горноспасательные работы, и Правил расчета стоимости обслуживания объектов ведения горных работ профессиональными аварийно-спасательными службами, профессиональными аварийно-спасательными формированиями, выполняющими горноспасательные работы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 27.04.2018 № 517. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

4. Об утверждении Положения о ВГСЧ [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 28.01.2012 № 45 (с изм. и доп.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

5. Положение о проведении аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 22.12.2011г. № 1091. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

6. Положение о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 15.09.2020г. № 1437. Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

7. «Методические рекомендации о порядке составления планов ликвидации аварий при ведении работ в подземных условиях» [Электронный ресурс]:. РД 15-11-2007: приказ Ростехнадзора от 24.05.2007 № 364. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

8. Об утверждении табеля технического оснащения ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 13.12.2012. № 766. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

9. Руководство по организации технического обслуживания горноспасательного оснащения ФГУП «ВГСЧ» [Электронный ресурс]:: приказ ФГУП «ВГСЧ» МЧС России от 27.05.2014г. № 375. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

10. Нормативы организации ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 29.11.2012г. № 707. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

11. Положение о прохождении службы в ВГСЧ [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 18.03.2013г. № 180. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

12. Устав внутренней службы военизированных горноспасательных частей [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 31.10.2018г. № 484. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

13. Порядок создания ВГК [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 22.11.2013г. № 765 (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

14. Положение об условиях оплаты труда, предоставления гарантий и компенсаций работникам ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 03.11.2015г № 581. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

15. Устав ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ [Электронный ресурс]:. приказ МЧС России от 09.06.2017 № 251. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

16. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 8.12.2020 № 505. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 г. № 520. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ*

## ЭЛЕКРОТЕХНИЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

**Часть 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ** ..... 5
1.1. Цель преподавателя дисциплины ..... 5
1.2. Задачи изучения дисциплины ..... 5
1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины ..... 5
1.4. Содержание дисциплины ..... 6

**Часть 2. ДИЭЛЕКТРИКИ** ..... 12
2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков ..... 12
2.2. Пробой газообразных диэлектриков ..... 13
2.3. Пробой твердых диэлектриков ..... 18
2.4. Практическая работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы ..... 21
2.5. Объект исследования ..... 21
2.6. Средства измерения ..... 21
2.7. Рабочее задание ..... 21
2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания ..... 22
2.9. Контрольные вопросы ..... 27

**Часть 3. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** ..... 28
3.1. Основные характеристики магнитных веществ ..... 28
3.2. Физическая природа магнетизма ..... 29
3.3 Классификация веществ по магнитным свойствам ..... 32
3.4. Строение ферромагнетиков ..... 33
3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции ..... 36
3.6. Намагничивание ферромагнетика ..... 38
3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях ..... 41
3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость ..... 44
3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях ..... 46
3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа ..... 53

3.11. Объект исследования ..... 58
3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования ..... 59
3.13. Подготовка осциллографа к работе ..... 59
3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля ..... 60
3.15. Подготовка звукового генератора к работе ..... 61
3.16. Практическая работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы ..... 62
3.17. Рабочее задание ..... 62
3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания ..... 63
3.19. Содержание отчета ..... 66
3.20. Вопросы для самоконтроля ..... 67
3.21. Практическая работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы ..... 67
3.22. Рабочее задание ..... 68
3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания ..... 68
3.24. Содержание отчета ..... 70
3.25. Вопросы для самоконтроля ..... 70

**Часть 4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ» ..... 72**
4.1. Требование к оформлению контрольной работы ..... 72
4.2. Задание на контрольную работу ..... 72
4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы ..... 74
4.4. Экзаменационные вопросы ..... 78
**Учебно-методические материалы ..... 80**

# Часть 1
# ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цель преподавателя дисциплины

В дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» излагается широкий круг вопросов, связанных со свойствами различных материалов по отношению к электрическому и магнитному полям. Излагаются свойства разновидностей электротехнических материалов, применяемых в технике.

Целью преподавания дисциплины является изложение основных сведений о процессах, происходящих в электротехнических материалах под воздействием электрического и магнитного полей, ознакомление с основными характеристиками и параметрами, посредством которых оцениваются свойства материалов к этим полям, методами их практического определения, ознакомление с основными видами электротехнических материалов, областями и способами их применения.

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» является одним из основных предметов, необходимых для последующего успешного освоения специальных дисциплин, изучаемых студентами направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника».

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» студенты должны иметь ясное представление о процессах, происходящих в электротехнических материалах при воздействии на них электрического и магнитных полей, знать основные характеристики и параметры материалов, научится определять их экспериментально, усвоить требования, которым должны удовлетворять материалы при использовании в устройствах, предназначенных для работы в условиях горной промышленности, уметь производить выбор конкретных видов электротехнических материалов.

## 1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины

Успешное усвоение дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики (разделы: физика твёрдого тела,

электричество, магнетизм), химии, теоретических основ электротехники (разделы: электрические цепи постоянного и переменного тока, магнитные цепи), электрических измерений (разделы: основы метрологии, методы измерения электрических величин).

## 1.4. Содержание дисциплины

### *1.4.1. Введение*

Краткий исторический обзор развития производства и использования электротехнических материалов. Значение электротехнических материалов в развитии и совершенствовании современного электромашиностроения.

Роль русских и советских учёных в создании и совершенствовании современных электротехнических материалов.

Предмет дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение». Классификация электротехнических материалов.

***Вопросы для самопроверки***

1. Какое значение имеют электротехнические материалы в развитии электромашиностроения?
2. Перечислите основные классы электротехнических материалов по свойствам, которыми обладают по отношению к электромагнитному полю.
3. Каковы перспективы развития производства электротехнических материалов?

### *1.4.2. Диэлектрики*

Понятие о диэлектриках. Поляризация диэлектриков и основные виды поляризации.

Классификация диэлектриков. Понятие о диэлектрической проницаемости, абсолютная и относительная диэлектрические проницаемости. Зависимость величины диэлектрической проницаемости от внешних факторов.

Понятие о электропроводности диэлектриков. Удельные объёмное и поверхностное сопротивления и методика их определения.

Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Схемы замещения диэлектриков для учёта диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь.

Понятие о электрическом пробое диэлектриков. Пробивное напряжение и электрическая прочность. Пробой газообразных диэлектриков. Виды пробоев жидких и твёрдых диэлектриков.

Физико-механические свойства диэлектриков. Основные механические свойства диэлектриков. Нагревостойкость. Классы нагревостойкости. Температура воспламенения и температура вспышки. Морозостойкость и тропикостойкость. Гигроскопичность и влагопроницаемость. Химические и радиационные свойства.

***Вопросы для самопроверки***

1. Какие вещества называются диэлектриками?
2. По каким признакам классифицируются диэлектрики?
3. Какой процесс называется поляризацией диэлектриков?
4. Как происходит электронная поляризация?
5. Как зависит диэлектрическая проницаемость от температуры и частоты электрического поля при электронной поляризации?
6. Как происходит ионная поляризация, и в каких веществах она наблюдается?
7. Как происходит дипольная поляризация?
8. Как зависит величина диэлектрической проницаемости от температуры и частоты электрического поля?
9. Как происходит ионно-релаксационная, электронно-релаксационная и миграционная (структурная) поляризации?
10. Как осуществляется спонтанная поляризация и для каких диэлектриков она характерна?
11. На какие группы подразделяются диэлектрики в соответствии с видами поляризации, которыми они обладают?
12. Как зависит диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков от давления и температуры, величины напряжённости и частоты внешнего электрического поля?
13. Как зависит диэлектрическая проницаемость жидких диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
14. Как зависит диэлектрическая проницаемость твёрдых диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
15. Как определяется диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков?
16. Назовите причины возникновения электрического тока в диэлектрике под воздействием внешнего электрического поля.
17. Что такое объёмное и поверхностное удельные сопротивления и как они определяются?
18. Как зависит электропроводность газообразных диэлектриков от напряжения и почему?
19. Чем обуславливается электропроводность твёрдых диэлектриков и как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?
20. Чем обуславливается электропроводность жидких диэлектриков, как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?

21. Какие потери называются диэлектрическими?
22. Какой угол называется углом диэлектрических потерь?
23. Нарисуйте схемы замещения диэлектрика и соответствующие им векторные диаграммы для учёта величины диэлектрических потерь.
24. Установите связь между параметрами параллельной и последовательной схем замещения диэлектрика с потерями.
25. Какие виды диэлектрических потерь существуют в диэлектриках?
26. Какое явление называется электрическим пробоем диэлектриков?
27. Каким образом происходит пробой газообразных диэлектриков?
28. От каких факторов зависит электрическая прочность газообразных диэлектриков?
29. Объясните, как осуществляется электрический пробой жидких диэлектриков с высокой степенью очистки?
30. Как осуществляется электрический пробой технически чистых диэлектриков?
31. Назовите виды пробоев твёрдых диэлектриков.
32. Как происходит электрический, электротепловой и электрохимический пробой?
33. Что такое гигроскопичность диэлектрика и как она влияет на его электрические свойства?
34. Перечислите основные механические свойства диэлектриков.
35. Назовите основные параметры, с помощью которых характеризуются тепловые свойства диэлектриков.
36. Перечислите классы нагревостойкости диэлектриков и дайте краткую характеристику каждого из них.

### *1.4.3. Изоляционные материалы*

Газообразные изоляционные материалы. Сравнительные характеристики основных газообразных изоляционных материалов и области их применения.

Жидкие изоляционные материалы. Нефтяные масла. Трансформаторное масло, его основные харктеристики и свойства, старение и регенерация, методы испытаний и области применения.

Синтетические жидкие диэлектрики, сравнительные характеристики и области применения. Компаунды.

Полимерные изоляционные материалы. Волокнистые изоляционные материалы и слоистые пластики.

Слюда и материалы на основе слюды. Керамика и стекло.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие из газообразных изоляционных материалов нашли наибольшее практическое применение?
2. Произведите сравнительный анализ свойств газообразных изоляционных материалов.

3. В чём заключается старение трансформаторного масла и как оно восстанавливается?
4. Какими параметрами характеризуется трансформаторное масло как электроизоляционный материал?
5. Перечислите основные синтетические жидкие диэлектрики, используемые на практике, их основные свойства и области применения.
6. Какие органические высокомолекулярные изоляционные материалы, используемые на практике, вам известны?
7. Какими свойствами обладают компаунды и основные области их применения?

### *1.4.4. Магнитные материалы*

Природа магнетизма. Условия возникновения ферромагнитных свойств у веществ. Классификация веществ по магнитным свойствам.

Строение ферромагнетиков. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции. Использование этих явлений в технике.

Основные характеристики магнитных материалов. Петля гистерезиса и основная кривая намагничивания. Остаточная индукция и коэрцитивная сила, индукция технического насыщения.

Относительная и абсолютная магнитные проницаемости. Потери на гистерезис и вихревые токи при перемагничивании в переменных магнитных полях. Явление вытеснения магнитного поля и его последствия.

Магнитомягкие, магнитотвёрдые материалы и магнитные материалы специального назначения.

Разновидности магнитных материалов. Листовые электротехнические стали и пермаллой, основные характеристики и применение.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие элементарные круговые точки существуют в атоме?
2. Какой круговой ток создаёт наибольший магнитный момент в атоме?
3. Чем объяснить то, что не у всех химических элементов атомы обладают собственным магнитным моментом?
4. Как называются области в ферромагнетиках, в пределах которых магнитные моменты атомов ориентированы параллельно?
5. Как происходит намагничивание ферромагнетиков?
6. Какое явление в ферромагнетиках называется магнитной анизотропией?
7. Где и как учитывается явление магнитной анизотропии?
8. В чём заключается явление магнитострикции и где оно используется?
9. Чем отличается основная кривая намагниченности от петли гистерезиса?

10. Назовите основные характеристики ферромагнитных материалов.
11. Как зависит величина магнитной проницаемости от напряжённости магнитного поля?
12. Как зависит магнитная проницаемость от частоты переменного магнитного поля?
13. Как расшифровать обозначения марок электротехнических сталей?
14. Назовите основные характеристики листовых электротехнических сталей и области их применения.
15. Что представляют собой сплавы пермаллои?
16. В чём преимущество холоднокатаных сталей перед горячекатаными?
17. Какие основные виды магнитотвёрдых материалов используется на практике?
18. Какие материалы специального назначения используются на практике?
19. Что представляют собой ферриты и в чём их преимущество перед другими видами магнитных материалов?

### *1.4.5. Полупроводники*

Понятие о полупроводниках. Классификация полупроводников. Понятия о видах электропроводности полупроводников.

***Вопросы для самопроверки***

1. Какие вещества называются полупроводниками?
2. Какие виды электропроводности свойственны собственным полупроводникам?
3. Как получить полупроводник с основной электронной электропроводностью?
4. Как получить полупроводник с основной дырочной электропроводностью?
5. Как зависит удельная электропроводность полупроводников от температуры?
6. Как влияет механическая деформация на электропроводность полупроводника?
7. Как зависит электропроводность полупроводников от частоты и интенсивности световой энергии?
8. Как влияет напряжённость электрического поля на электропроводность полупроводника?

### *1.4.6. Проводники*

Понятие о проводниках природа электропроводности проводников. Основные характеристики. Классификация проводниковых материалов. Понятие о сверхпроводимости проводников.

***Вопросы для самопроверки***

1. Какой механизм электропроводности свойственен металлам?
2. Какой механизм электропроводности свойственен электролитам?

3. В чём разница в объяснении механизма электропроводности с позиций классической электронной теории строения металлов и кантовой механики?
4. Какими параметрами характеризуются свойства проводников?
5. Чем объяснить зависимость удельной электропроводности металлов от температуры?
6. Почему удельное сопротивление металла зависит от его деформации?
7. Какие материалы относятся к материалам высокой проводимости?
8. Дайте сравнительную характеристику меди и алюминия.
9. Какие сплавы высокого сопротивления применяются в технике?
10. Что такое явление сверхпроводимости?
11. Каким материалам и при каких условиях свойственно явление сверхпроводимости?

### *1.4.7. Примерный перечень лабораторных работ*

1. Определение электрической прочности газообразных и твёрдых диэлектриков.
2. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при постоянной частоте магнитного поля.
3. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при изменяющейся частоте магнитного поля.

# Часть 2
# ДИЭЛЕКТРИКИ

## 2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков

Важнейшей областью использования диэлектриков в технических целях является применение их в качестве изоляционных материалов, предназначающихся для предотвращения протекания электрического тока по путям, не предусмотренным электрической схемой установки. Такое использование диэлектриков связано с их исключительно малой электропроводностью.

Так, удельная объемная электропроводность этих материалов при комнатной температуре не превышает $10^{-8}$ см/м, а удельное объемное сопротивление соответственно больше $10^{8}$ Ом·м.

Такое значение электропроводности и удельного объемного сопротивления сохраняется только для определенного напряжения. Превышение этого напряжения приводит к резкому (скачкообразному) возрастанию электропроводности и уменьшению сопротивления диэлектрика.

Потеря диэлектриком изоляционных свойств под воздействием внешнего электрического поля называется ***пробоем***.

Напряжение, при котором в диэлектрике возникает электрический пробой, называется ***пробивным*** или ***напряжением пробоя***.

Пробивное напряжение обозначается $U_{\text{пр}}$. Единицей измерения пробивного напряжения в системе СИ является вольт (В). Допускается использовать в качестве единицы измерения пробивного напряжения киловольт (кВ).

Значение пробивного напряжения зависит от химического состава, структуры строения, толщины диэлектрика и воздействия ряда других факторов.

Другой важнейшей характеристикой способности диэлектриков выдерживать воздействие высоких напряжений без потери изоляционных свойств является электрическая прочность ($E_{\text{пр}}$). Под электрической прочностью понимается отношение пробивного напряжения диэлектрика к его толщине:

$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{h},$$

где $h$ – толщина диэлектрика.

Единицей измерения электрической прочности в системе СИ является В/м. В связи с тем, что использование этой единицы на практике неудобно из-за

малой толщины изоляции в различных электромеханических установках и больших значений пробивных напряжений, ГОСТом допускается применение внесистемной единицы измерения, равной кВ/мм. Соотношение между этими единицами – кВ/мм = $10^6$ В/м.

Если на диэлектрик воздействует внешнее однородное электрическое поле, то электрическая прочность представляет собой напряженность этого поля, при которой происходит пробой.

В зависимости от механизма развития и причин возникновения различают следующие виды пробоев: электрический, тепловой и электрохимический.

**Электрический пробой** связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации, возникающих в сильных электрических полях и приводящих к быстрому росту концентрации свободных носителей электрических зарядов к скачкообразному увеличению электрического тока в месте пробоя при превышении значения напряженности электрического поля, равного электрической прочности диэлектрика.

**Тепловой пробой** возникает под воздействием тепловой энергии, выделяющейся в диэлектриках за счет диэлектрических потерь или поступающей от посторонних источников тепловой энергии. Тепловая энергия вызывает уменьшение активного сопротивления диэлектриков и возрастание активного потока, приводящих к дальнейшему увеличению температуры диэлектриков с последующим их термическим разрушением.

**Электрохимический пробой** возникает при длительной эксплуатации диэлектриков в электрических полях и связан с изменением химического состава в результате протекающих в диэлектриках электрохимических процессов.

Более подробно каждый из видов пробоя диэлектриков рассмотрен в последующих параграфах.

## 2.2. Пробой газообразных диэлектриков

В газообразных диэлектриках пробой является электрическим и связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации под воздействием сильных электрических полей.

В любом газообразном диэлектрике содержится малое количество положительных и отрицательных ионов и электронов, находящихся в хаотическом тепловом движении. Под воздействием электрического поля эти частицы начинают перемещаться либо в направлении напряженности поля

(положительные ионы), либо в направлении, противоположном ей (электроны, отрицательные ионы).

При этом каждая из частиц получает добавочную энергию за счет электрического поля

$$W_{ч} = g \cdot U_{\lambda}, \tag{2.1}$$

где $g$ – электрический заряд напряженной частицы; $U_{\lambda}$ – разность потенциалов на длине свободного пробега заряженной частицы.

В однородном электрическом поле

$$U_{\lambda} = E \cdot \lambda, \tag{2.2}$$

где $E$ – напряженность однородного электрического поля; $\lambda$ – длина свободного пробега частицы.

Таким образом, в однородном электрическом поле добавочная энергия, приобретенная частицей в результате воздействия электрического поля:

$$W_{ч} = g \cdot E \cdot \lambda. \tag{2.3}$$

В конце пути свободного пробега заряженная частица сталкивается с нейтральной молекулой. Если при этом энергия заряженной частицы оказывается больше энергии ионизации нейтральной молекулы газообразного диэлектрика, то последняя расщепляется на электрон и положительно заряженный ион. Этот процесс получил название процесса ударной ионизации.

Таким образом, условие возникновения ударной ионизации описывается уравнением

$$W_{ч} \geq W_{и}. \tag{2.4}$$

С учетом уравнений (2.2) и (2.3) получим:

$$E_{н} \cdot g \cdot \lambda \geq W_{и},$$

а

$$U_{\lambda} = E_{н} \cdot \lambda \geq W_{и}, \tag{2.5}$$

где $U_{\lambda}$ – ионизационный потенциал газообразного диэлектрика; $E_{н}$ – начальная напряженность поля.

Ионизационный потенциал характеризует энергию ионизации диэлектрика. У различных газообразных диэлектриков он лежит в диапазоне от 4 до 25 В, что соответствует энергии ионизации от 4 до 25 эВ.

Так как $\lambda$ и $g$ для каждого из газообразных диэлектриков постоянны, то ударная ионизация начинается при определенной напряженности поля, называемой начальной напряженностью.

В ряде случаев столкновение заряженной частицы с нейтральной молекулой может не ионизировать последнюю, а принести ее в возбужденное состояние. Через определенный промежуток времени возбужденная молекула испускает фотон, отдавая при этом избыточную энергию. Фотон поглощается

другой нейтральной молекулой, которая в этом случае ионизируется, расщепляясь на электрон и положительно заряженный ион. Такая ионизация называется фотонной. Фотонная ионизация приводит к быстрому развитию канала пробоя в газообразном промежутке.

Развитие процессов ударной и фотонной ионизации при напряженности электрического поля большей, чем начальная, приводит к резкому возрастанию количества свободных носителей электрических зарядов и возникновению двух встречных источников разноименно заряженных частиц в канале пробоя.

В результате пробоя пространство, занимаемое каналом пробоя, заполнено движущимися заряженными частицами газа. Такое состояние газообразного диэлектрика получило название газоразрядной плазмы.

За счет фотонной ионизации пробой газов осуществляется практически мгновенно.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от длительности воздействия электрического поля. При кратковременном воздействии напряжение пробоя диэлектрика, выше чем при длительном воздействии. Повышение пробивного напряжения характеризуется коэффициентом импульса

$$\beta = \frac{U_{\text{пр}}}{U_{\text{пр50}}}, \qquad (2.6)$$

где $U_{\text{пр}}$ – пробивное напряжение при данной длительности импульса; $U_{\text{пр50}}$ – пробивное напряжение при постоянном или переменном напряжении частотой 50 Гц.

Значения коэффициента импульса находятся в диапазоне от 1 до 1,5.

Электрическая прочность газообразных диэлектриков зависит от расстояния между электродами или толщины диэлектрика. Зависимость $E_{\text{пр}}=f(h)$ представлена на рисунке 2.1.

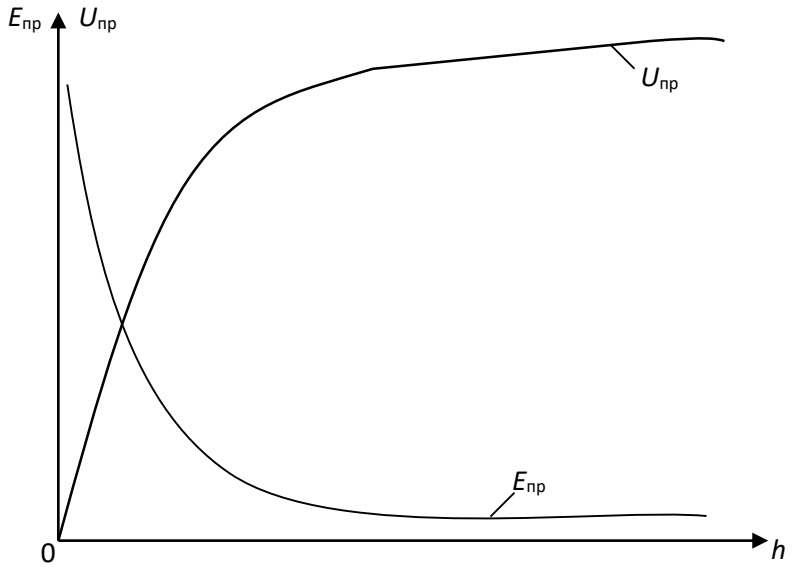


Рис. 2.1. Зависимость электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами

Из рис. 2.1 видно, что с ростом толщины диэлектрика его электрическая прочность уменьшается, а пробивное напряжение увеличивается. Это объясняется тем, что при малых расстояниях между электродами затрудняется возникновение процесса ударной ионизации. Это видно из анализа уравнения (2.5).

Решив уравнение (2.5) относительно $E_н$, получим

$$E_н = \frac{W_и}{g \cdot \lambda}.$$

При малых расстояниях между электродами, когда $h \geq \lambda$, можно записать

$$E_н = \frac{W_и}{g \cdot h}. \qquad (2.7)$$

Из уравнения (2.7) видим, что чем меньше толщина газообразного диэлектрика, тем больше начальная напряженность электрического поля, при которой энергия движущийся заряженной частицы обеспечивает ионизацию молекулы газообразного диэлектрика и возникновение процессов ударной и фотонной ионизации.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит также и от давления газа. Эта зависимость представлена на рисунке 2.2.

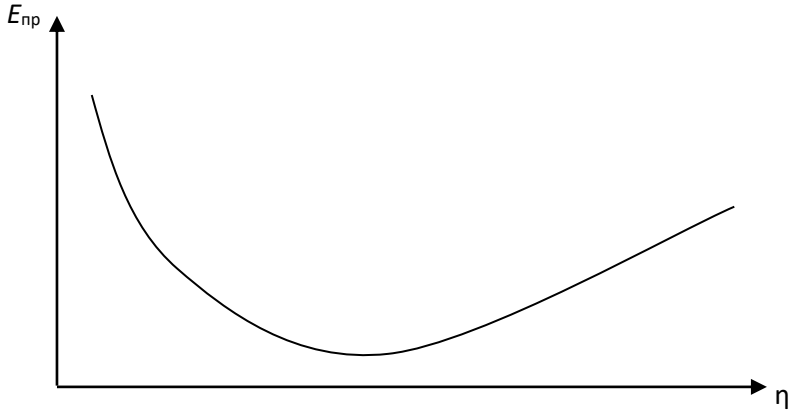



Рис. 2.2. Зависимость электрической прочности газа от давления

Как видно из рис. 2.2, при малых значениях давления наблюдается уменьшение электрической прочности с ростом давления. Такое явление объясняется тем, что при малых давлениях вероятность столкновения заряженной частицы с нейтральной молекулой незначительная, и затрудняется развитие процессов ударной и фотонной ионизации. С ростом давления плотность молекул газа увеличивается, что приводит к возрастанию

вероятности столкновений заряженных частиц с молекулами газа и облегчает развитие процессов ударной ионизации. При сверхвысоких давлениях существенно уменьшается длина свободного пробега заряженной частицы, что, согласно уравнению (2.7), приводит к росту начальной напряженности поля.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика существенно зависит от однородности электрического поля (рис. 2.3).

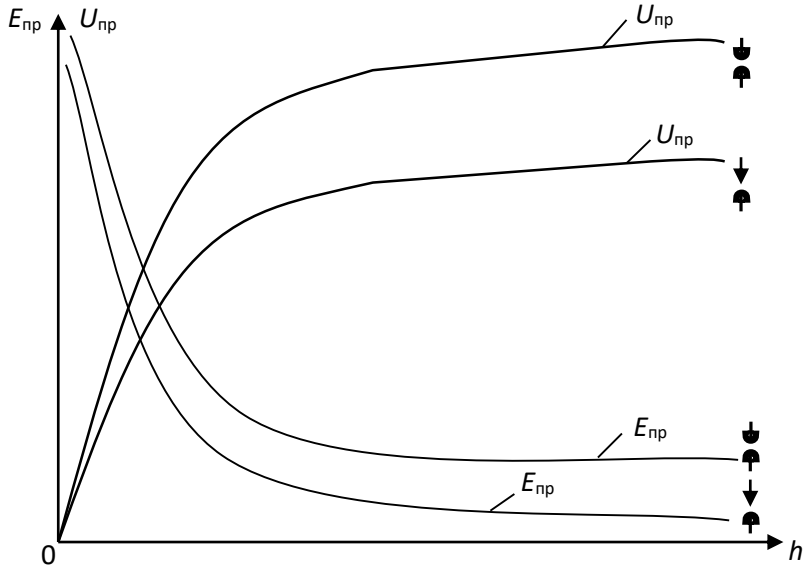



Рис. 2.3. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами в однородном и неоднородном электрических полях

В однородных электрических полях, возникающих между плоскими электродами с закругленными краями, либо между сферическими электродами большого диаметра, электрическая прочность значительно выше, чем в неоднородных электрических полях между электродами типа «игла – игла», «полусфера – игла», « плоскость – игла» и т. п. Неоднородное электрическое поле возникает также между двумя полусферами, когда расстояние между ними больше радиуса сферы.

Меньшее значение электрической прочности газообразных диэлектриков в неоднородных электрических полях по сравнению с электрической прочностью в однородных полях объясняется тем, что при одной и той же разности потенциалов между электродами напряженность поля в точках, расположенных по кратчайшему расстоянию между двумя электродами, в неоднородных полях значительно выше, чем напряженность однородного электрического поля. Следовательно и электрический пробой газообразного диэлектрика в неоднородном электрическом поле произойдет при меньшем напряжении, приложенном к электродам, чем в однородном поле.

По разному развивается электрический пробой в однородных и неоднородных электрических полях.

В однородном электрическом поле при определенном значении напряжения, зависящем от температуры, давления газа и расстояния между электродами возникает искровой разряд, переходящий в дуговой при дальнейшем росте напряжения.

В неоднородных электрических полях вначале возникает частичный разряд в местах, где напряженность достигает максимальных значений (коронный разряд). При дальнейшем возрастании напряжения коронный разряд переходит в искровой, а затем и в дуговой разряды.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от полярности электродов типа «игла – плоскость», «игла – сфера».

При положительной полярности иглы пробой происходит при меньшем напряжении, чем при обратной полярности. Это явление объясняется тем, что ионизация газа начинается в районе кончика иглы, независимо от ее полярности, так как именно в этой области напряженность поля максимальная. При положительной полярности иглы у ее кончика возникает положительный объемный заряд из положительно заряженных ионов газа, который как бы является продолжением иглы, способствуя уменьшению длины газообразного промежутка и соответствующему уменьшению пробивного напряжения.

При отрицательной полярности иглы образовавшийся объемный положительный заряд как бы экранизирует иглу, препятствуя перемещению электронов от иглы к поверхности положительно заряженной плоскости или сферы. Наличие экрана из положительно заряженных ионов около кончика иглы и приводит к возрастанию пробивного напряжения при отрицательной полярности иглы, по сравнению с пробивным напряжением при обратной полярности иглы.

## 2.3. Пробой твердых диэлектриков

В твердых диэлектриках могут возникать четыре вида пробоев:

- электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков;
- электрический пробой макроскопически неоднородных твердых диэлектриков;
- электротепловой (тепловой) пробой;
- электрохимический пробой.

*Электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков* развивается аналогично электрическому пробою в газообразных диэлектриках в результате осуществления процесса ударной ионизации, когда

исключено влияние электропроводности и диэлектрических потерь, обуславливающих разогрев диэлектрика.

В связи с этим, зависимости электрической прочности и пробивного напряжения твердых диэлектриков от толщины и конфигураций электродов анологичны таким же зависимостям для газообразных диэлектриков (рис. 2.1, рис. 2.3).

*Электрический пробой* неоднородных диэлектриков характерен для технических диэлектриков, в структуре которых имеются поры и капилляры, заполненные газообразным диэлектриком. Чаще всего таким газообразным диэлектриком является воздух. Так как электрическая прочность воздуха значительно меньше электрической прочности твердых диэлектриков, то наличие капилляров и пор в структуре твердых диэлектриков обуславливает значительную меньшую электрическую прочность неоднородных диэлектриков сравнению с однородными.

С ростом толщины неоднородного твердого диэлектрика наблюдается уменьшение его электрической прочности, так как возрастает количество газовых включений.

Электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков зависит от однородности и неоднородности электрического поля. Но, в отличие от газообразных и однородных твердых диэлектриков, электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков может быть в неоднородном поле больше, чем в однородном. Это связано с тем, что при большей площади электродов, между которыми создается однородное поле, возрастает количество слабых мест (пор, капилляров, трещин и т. д.), приводящих к снижению электрической прочности твердого диэлектрика.

*Электротепловой (тепловой) пробой* связан с разогревом материала в электрическом поле за счет возрастания сквозной электропроводности и диэлектрических потерь, приводящих к потере изоляционных свойств материала. Пробивное напряжение при электротепловом пробое зависит от частоты поля, условий охлаждения, температуры окружающей среды и т. п.

Установившийся температурный режим возникает тогда, когда выделение тепла в изоляционном материале равняется теплоотдаче в окружающую среду. Этот режим описывается следующим уравнением

$$U^2 \cdot \omega \cdot c \cdot \mathrm{tg}\delta = \sigma \cdot S\left(t_{\text{раб}} - t_{\text{о}}\right), \qquad (2.8)$$

где $U$ – напряжение на электродах; $\omega$ – угловая частота; $c$ – емкость изоляционного материала; $\mathrm{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь изоляционного материала $\sigma$ – коэффициент теплоотдачи; $S$ – поверхность изоляционного материала; $t_{\text{раб}}$ – температура изоляционного материала; $t_{\text{о}}$ – температура окружающей среды.

На рисунке 2.4 построены зависимости мощности диэлектрических потерь $P_a$ и мощности теплоотдачи $P_t$ от температуры.

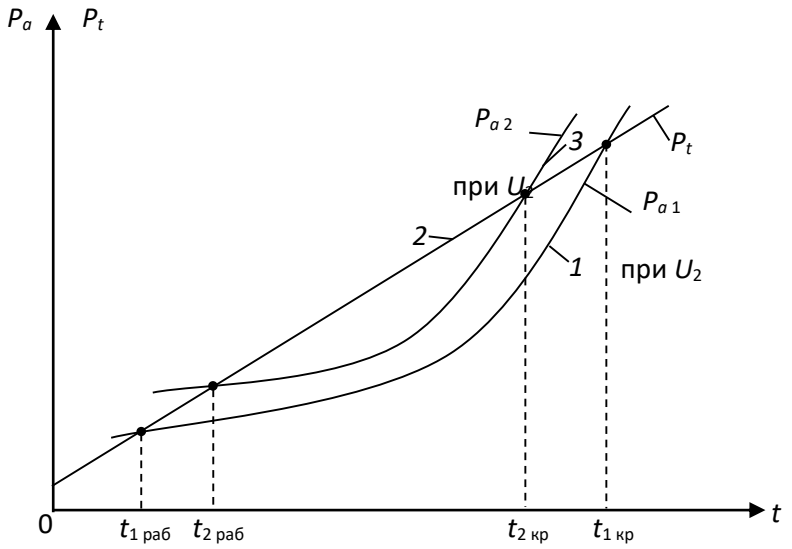



Рис. 2.4. Зависимость мощности диэлектрических потерь и мощности теплоотдачи изоляционного материала от температуры

Как видно из рис. 2.4, зависимость $P_{a1}=f(t)$ имеет две точки пересечения с прямой $P_t = f(t)$ и следовательно, два установившихся режима при $t_{1раб}$ и $t_{1кр}$. Учитывая, что в условиях эксплуатации не исключается дополнительный разогрев изоляционного материала за счет посторонних источников тепловой энергии, рабочая температура может случайно возрасти. Если с учетом возможного возрастания $t_{1раб}<t_{1кр}$, то тепловой пробой не произойдет, так как количество тепла, выделяемое внутри диэлектрика, возрастает медленнее, чем увеличивается теплоотдача. Если за счет дополнительного нагрева установится соотношение $t_{1раб}>t_{1кр}$, то количество тепловой энергии, выделяемой в изоляционном материале, превысит теплоотдачу, и температура будет расти до полного разрушения диэлектрика. С ростом напряжения зависимость $P_a=f(t)$ смещается вверх (см. кривую *3*, полученную при $U_2>U_1$). При тех же самых условиях охлаждения повышение напряжения приводит к росту рабочей температуры ($t_{2раб}>t_{1раб}$) и уменьшению критической температуры ($t_{1кр}>t_{2кр}$).

Таким образом, как видно из рис. 2.4, увеличение напряжения приводит к возрастанию рабочей температуры за счет роста количества тепла, выделяемого в материале.

Выделение тепловой энергии вследствие диэлектрических потерь приводит к увеличению электрической прочности диэлектрика. На рисунке 2.5 приведены зависимости электрической прочности и пробивного напряжения

твердого диэлектрика от толщины при электрическом и электротепловом пробоях.

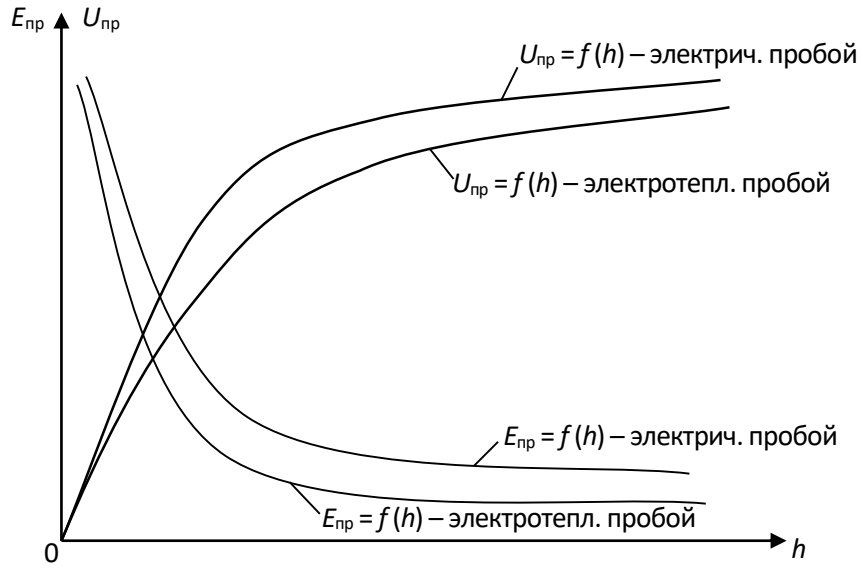



Рис. 2.5. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения от толщины диэлектрика

Как видно из рис. 2.5, электрическая прочность изоляционного материала при электротепловом пробое меньше, чем при чисто электрическом пробое.

Уменьшение электрической прочности при электротепловом пробое связано с одной стороны с разрушением структуры строения изоляционного материала (растрескивание, обугливание и т. д.), когда рабочая температура превышает критическую. С другой стороны, электрическая прочность при электротепловом пробое меньше, чем при электрическом даже в том случае, когда рабочая температура не превышает критическую. Такое явление можно объяснить следующим образом: с ростом температуры изоляционного материала увеличивается кинетическая энергия теплового хаотического движения заряженных частиц и нейтральных молекул твердого диэлектрика. Возрастание энергии теплового хаотического движения молекул приводит к тому, что полю необходимо сообщить меньшую дополнительную энергию движущихся заряженных частиц, чтобы последняя могла ионизировать нейтральную молекулу при столкновении с ней. И, следовательно, выполнение условия развития ударной ионизации наступает при меньшем напряжении, подаваемом на электроды.

## 2.4. Лабораторная работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы

Целью лабораторной работы является научить студентов определять электрическую прочность твердых и газообразных диэлектриков и выявлять зависимости электрической прочности от толщины диэлектрика и конфигурации электродов, формирование навыков использования теоретических сведений к объяснению результатов эксперимента.

## 2.5. Объект исследования

1. Образцы твердых диэлектриков. Материал, размеры образцов и их толщины задаются преподавателем.
2. Воздух. Длины воздушных зазоров задаются преподавателем.

## 2.6. Средства измерения

1. Испытательная высоковольтная установка с максимальным напряжением до 10 кВ. Принципиальная электрическая схема установки приведена на рис. 2.6.
2. Вольтметр переменного тока с пределом измерения до 150 В.
3. Микрометр типа МК с пределом измерения 0 – 25 мм. Цена деления микрометра – 0,1 мм.
4. Штангенциркуль. Цена деления – 0,1 мм.

## 2.7. Рабочее задание

1. Испытать на электрический пробой образцы твердого диэлектрика различной толщины, определяя пробивное напряжение каждого из них. Число образцов и измерений определяет преподаватель.
2. Рассчитать электрическую прочность каждого образца.
3. Произвести электротепловой пробой аналогичных по химическому составу и толщине образцов твердого диэлектрика, определяя пробивное напряжение каждого образца. Количество образцов и измерений такое же, как и при испытании на электрический пробой.
4. Рассчитать электрическую прочность каждого образца при электротепловом пробое.
5. Построить для одних и тех же образцов:
   - зависимости $U_{пр}=f(h)$ при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат;

- зависимости $E_{пр}=f(h)$ при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат.

6. Осуществить электрический пробой воздуха при различных толщинах воздушного зазора $h$, определяя каждый раз значение пробивного напряжения. Электрический пробой произвести для двух сочетаний электродов с различной конфигурацией, заданных преподавателем.
7. Рассчитать электрическую прочность воздуха для каждого пробоя.
8. Построить:
   - зависимости $U_{пр}=f(h)$ для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат;
   - зависимости $E_{пр}=f(h)$ для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат.
9. Сделать выводы по работе.

## 2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания

### *2.8.1. Устройство и принцип действия лабораторной установки*

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки для определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков приведена на рис. 2.6.

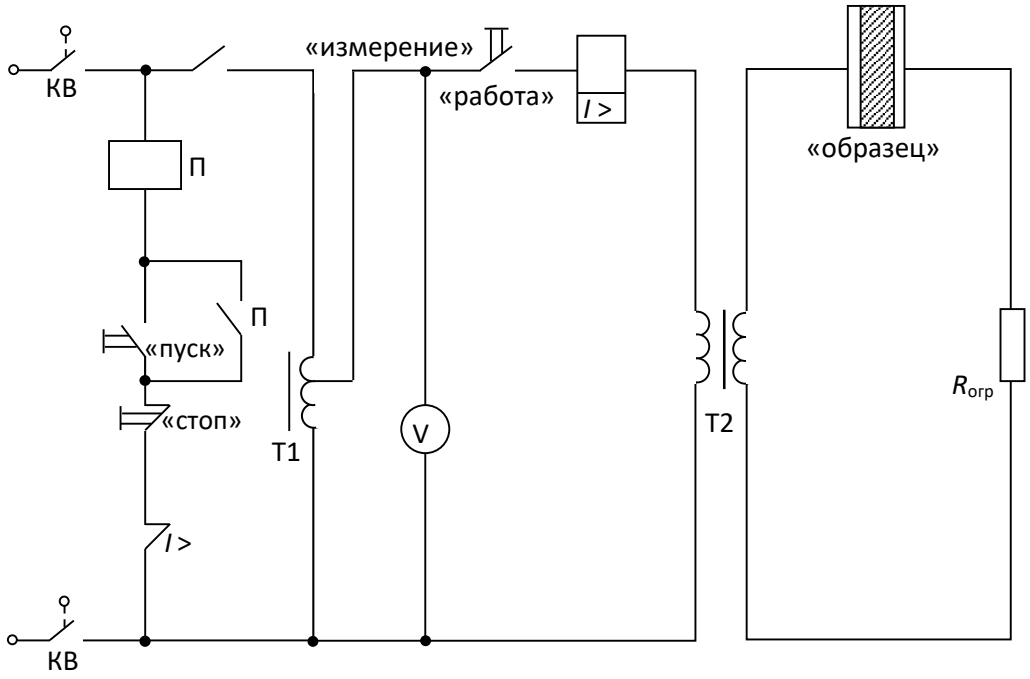



Рис. 2.6. Принципиальная электрическая схема установки

В состав установки входят:

– линейный автотрансформатор Т1, предназначенный для регулирования напряжения, подаваемого на испытательный образец;

– высоковольтный трансформатор Т2 с максимальным напряжением вторичной обмотки $U_{2max}$=10 кВ и коэффициентом $K$=10;
– сопротивление $R_{огр}$, предназначенное для ограничения тока в обмотке высокого напряжения при возникновении пробоя образца;
– электромагнитный пускатель: кнопки «пуск» и «стоп»;
– сигнальная лампа «напряжение подано»;
– переключатель режима работы установки «работа – измерение»;
– многопредельный вольтметр.

В нижней части лабораторной установки находится высоковольтный трансформатор и токоограничивающее сопротивление. Эта часть установки закрыта металлическим заземленным экраном, исключающим возможность попадания работающего на установке под высокое напряжение.

На верхней, горизонтально расположенной части установки находятся линейный автотрансформатор, вольтметр, переключатель режима работы и высоковольтная камера со сменными электродами.

Принцип действия лабораторной установки заключается в следующем. При закрытой дверце высоковольтной камеры контакты концевых выключателей КВ замкнуты и электрическая цепь установки подготовлена к работе.

При нажатии кнопки «пуск», расположенной в левом верхнем углу стенда, срабатывает электромагнитный пускатель П и через его замкнутые контакты напряжение подается на автотрансформатор Т1. Одновременно в камере высокого напряжения загорается сигнальная лампа «напряжение подано». Вторая пара контактов пускателя блокирует кнопку «пуск». Напряжение с выхода автотрансформатора поступает на обмотку низкого напряжения высоковольтного трансформатора, если переключатель режима работы установлен в положении «работа». Это напряжение измеряется многопредельным вольтметром переменного тока. На обмотке высокого напряжения трансформатора создается напряжение, значение которого может быть вычислено по формуле

$$U_2 = K \cdot U_1 . \qquad (2.9)$$

Когда напряжение $U_2$ достигает значения, равного напряжению пробоя $U_{пр}$, происходит пробой образца, и в цепи вторичной обмотки возрастает ток, амплитуда которого ограничивается сопротивлением $R_{огр}$. Возрастание тока вторичной обмотки вызывает соответствующее увеличение тока первичной обмотки трансформатора, в результате которого срабатывает реле максимального тока $I >$. Контакты этого реле размыкаются, разрывая цепь питания обмотки электромагнитного пускателя. Контакты пускателя размыкаются и отключают стенд от сети.

Обычно пробой образца происходит внезапно, что затрудняет отсчет по вольтметру напряжения, при котором произошел пробой. Поэтому для облегчения отсчета напряжения пробоя предусмотрена возможность работы установки в режиме «измерение». Для перевода установки в этот режим переключатель режима работы устанавливается в положение «измерение». В этом режиме высоковольтный трансформатор отключается от выхода автотрансформатора. Если положение рукояти автотрансформатора, регулирующей его выходное напряжение, сохранить таким же, как и в момент пробоя, то после нажатия на кнопку «пуск» вольтметр покажет то же напряжение, что было установлено при пробое.

### *2.8.2. Методика экспериментального определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое*

**1.** Перед началом эксперимента необходимо проверить правильность подключения элементов установки (рис. 2.7), предварительно установив рукоятку автотрансформатора в нулевое положение и открыв дверку камеры высокого напряжения. Лампа «напряжение подано» не должна гореть.

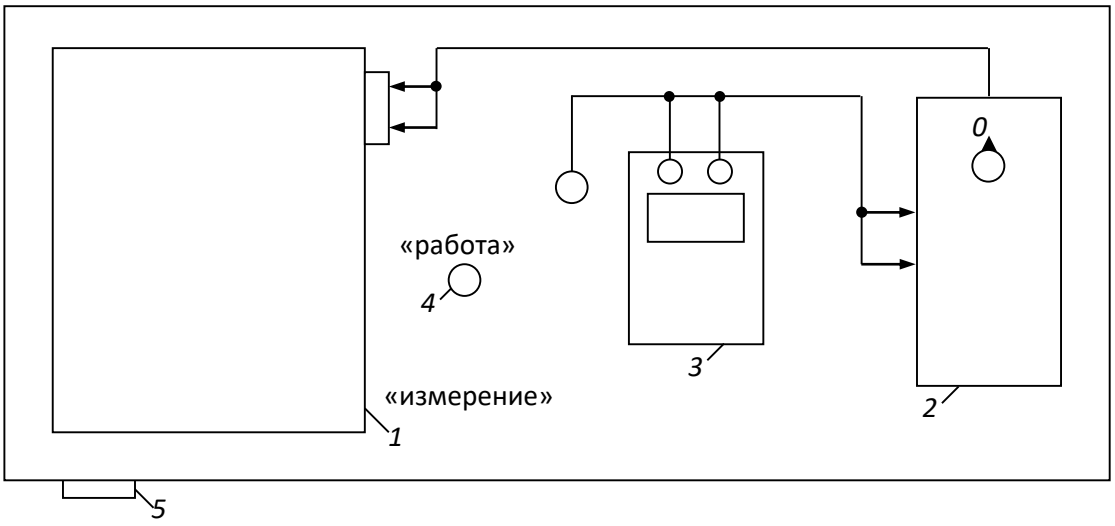



Рис. 7. Схема соединения элементов лабораторной установки:
*1 – высоковольтная камера; 2 – линейный автотрансформатор; 3 – вольтметр; 4 – переключатель режима работы установки; 5 – кнопки «пуск» и «стоп»*

**2.** Установить по указанию преподавателя сменные электроды.

**3.** Измерить микрометром толщину испытываемого образца диэлектрика. Рекомендуется начинать эксперимент с образца наибольшей величины. Данные измерений записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

**Экспериментальное определение напряжение пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое**

| № п/п | $h$, мм | $U_1$, В | $U_{пр}$, кВ | $E_{пр}$, кВ/мм | Конфигурация электродов |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Примечание: высота столбцов таблицы должна быть рассчитана для записи результатов пробоя 7 – 8 образцов.

**4.** Разместить образец между электродами в высоковольтной камере. Для этого необходимо отвернуть стопорный винт верхнего электрода до тех пор, пока последний не начнет свободно перемещаться. Поднять верхний электрод и поместить образец в образовавшийся зазор. Опустить верхний электрод на образец и повернуть стопорный винт в обратном направлении до упора.

**5.** Закрыть крышку камеры высокого напряжения.

**6.** Установить переключатель режима работы в положение «работа».

**7.** Нажать кнопку «пуск». При этом загорается лампа «напряжение подано».

**8.** Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, увеличивать напряжение, подаваемое на образец, до тех пор, пока не произойдет автоматическое отключение напряжения, свидетельствующее о пробое образца. Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

**9.** Переключатель режима работы установить в положение «измерение».

**10.** Нажать на кнопку «пуск». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна загореться.

**11.** По вольтметру отсчитать напряжение $U_1$, при котором произошел пробой диэлектрика и записать в табл. 2.1.

**12.** Нажать кнопку «стоп». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

**13.** Установить рукоятку линейного автотрансформатора в нулевое положение, открыть дверцу камеры высокого напряжения и убрать пробитый образец.

**14.** Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца по формуле

$$U_{пр} = \frac{K \cdot U_1}{1000}; \qquad (2.10)$$

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h}, \qquad (2.11)$$

где $U_1$ – действующее значение выходного напряжения автотрансформатора, В; $U_{пр}$ – действующее значение напряжения пробоя образца, кВ; $K$=100 – коэффициент

трансформации высоковольтного трансформатора; $E_{пр}$ – электрическая прочность образца, кВ/мм.

Рассчитанные значения $U_{пр}$ и $E_{пр}$ записать в таблицу 2.1.

### *2.8.3. Методика экспериментального определения электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое*

**1.** Электротепловой пробой производится на образцах диэлектриков, аналогичных по химическому составу и геометрическим размерам образцам, использованным при электрическом пробое. Количество испытываемых образцов и их толщины задаются преподавателем.

**2.** Перед началом испытаний необходимо рассчитать значения начального напряжения $U_{нач}$ и интервал, через который будет изменяться напряжение установки $\Delta U$ по следующим формулам:

$$U_{нач} = 0{,}6 \cdot U_{пр} \cdot 1000\ ; \qquad (2.12)$$

$$\Delta U = 1000 \cdot U_{пр} \cdot \frac{(1-0{,}6)}{6 \div 7} = \frac{0{,}4}{6 \div 7} \cdot U_{пр} \cdot 1000\ , \qquad (2.13)$$

где $U_{пр}$ – пробивное напряжение образца, полученное при электрическом пробое, кВ; $\Delta U$ – интервал, через который изменяется напряжение, приложенное к образцу при электротепловом пробое, В.

**3.** Выполнить пункты 3 – 7 из 2.8.2. данных методических указаний.

**4.** Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, установить напряжение, подаваемое на образец, равным ___.

**5.** Выдержать образец под действием напряжения $U_{нач}$ и в течение интервала времени, указанного преподавателем.

**6.** Вращая рукоятку автотрансформатора увеличить напряжение на образец на $\Delta U$.

**7.** Выдержать образец под действием напряжения в течение указанного преподавателем интервала времени.

**8.** Повторить операции, перечисленные в пунктах 6 и 7, до тех пор пока не произойдет пробой образца.

**9.** Измерить пробивное напряжение в соответствии с пунктами 9 – 13 из методики 2.8.2.

**10.** Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца при электротепловом пробое по формулам (2.10) и (2.11). Данные измерений и расчётов записываются в таблицу 2.2. Пример заполнения таблицы приведен ниже.

Таблица 2.2

**Экспериментальное определение напряжение пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое**

| № п/п | $h$, мм | $U_{нач}$, В | $\Delta U$, В | $U_1$, В | $U_{пр}$, кВ | $E_{пр}$, кВ/мм | Конфигурация электродов |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

**11.** Построить зависимости $U_{пр}=f(h)$ при электротепловом и электрическом пробоях в одних осях координат.

**12.** Построить зависимости $E_{пр}=f(h)$ при электротепловом и электрическом пробоях твердого диэлектрика в одних осях координат.

### *2.8.4. Методика экспериментального определения электрической прочности воздуха*

**1.** Установить электроды заданной преподавателем конфигурации в высоковольтной камере стенда.

**2.** Установить необходимую толщину воздушного зазора между электродами. Для этого отвернуть стопорный винт верхнего электрода и разместить калиброванные пластины между электродами. Опустить верхний электрод на поверхность пластин и зафиксировать его положение с помощью стопорного винта. Убрать калиброванные пластины из камеры.

**3.** Осуществить электрический пробой воздуха в соответствии с пунктами 5 – 14 из 2.8.2. данных методических указаний. Электрический пробой воздуха произвести для двух сочетаний электродов различной формы в соответствии с указаниями преподавателя.

**4.** Построить зависимости $U_{пр}=f(h)$ для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

**5.** Построить зависимости $E_{пр}=f(h)$ для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

## 2.9. Контрольные вопросы

1. С помощью каких показателей характеризуется способность диэлектрика противостоять электрическому пробою?
2. Какая из величин (пробивное напряжение или электрическая прочность) более точно оценивает способность различных диэлектриков противостоять электрическому пробою?
3. Чем объяснить, что электрическая прочность пористых твердых диэлектриков ниже прочности однородных по структуре строения твердых диэлектриков?
4. Какими процессами обуславливается развитие электрического пробоя в газообразных диэлектриках?
5. В чем разница между электротепловым и чисто электрическим пробоем диэлектриков?
6. Какое явление называется пробоем диэлектриков?
7. В каком из электрических полей (однородном или неоднородном) электрическая прочность диэлектриков выше? Чем это можно объяснить?
8. По каким причинам электрическая прочность диэлектриков при тепловом пробое меньше, чем при электрическом?

9. Зависит ли электрическая прочность воздуха от полярности электродов при следующих сочетаниях электродов: игла – плоскость, игла – полусфера? Ответ аргументируйте.
10. Чем объяснить, что электрическая прочность воздуха при сочетании электродов игла плоскость или игла полусфера уменьшается в большем диапазоне, чем его прочность при сочетании электродов плоскость – плоскость, полусфера – полусфера, с ростом толщины воздушного зазора?
11. Чем объяснить, что электрическая прочность диэлектриков уменьшается с ростом толщины?
12. При каких условиях в твердых диэлектриках может произойти электротепловой пробой?
13. Почему необходимо учитывать процесс старения электрической изоляции при определении рабочего напряжения различных электрических машин?
14. Как изменяется электрическая прочность газообразных диэлектриков с ростом давления и почему?
15. Влияет ли температура на электрическую прочность диэлектриков? Ответ аргументируйте.

# Часть 3
# МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## 3.1. Основные характеристики магнитных веществ

Магнитное состояние вещества оценивается намагниченностью. Намагниченностью называется сумма элементарных магнитных моментов в единице объема вещества

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{V}, \qquad (3.1)$$

где $m_i$ – элементарный магнитный момент (спин электрона); $V$ – объем образца.

Значение намагниченности зависит от напряженности магнитного поля $H$ и связано с последней в соответствии с уравнением:

$$M = \chi \cdot H$$

где $\chi$ – магнитная восприимчивость вещества.

В системе СИ магнитная восприимчивость является безразмерной величиной.

Под воздействием напряженности магнитного поля в веществе создается магнитная индукция, зависимость которой от напряженности поля и намагниченности материала описывается уравнением

$$B = \mu_0 (H + \chi \cdot H), \qquad (3.2)$$

где $\mu_0$=1,256·10$^{-6}$ – магнитная постоянная вакуума, Гн/м.

В системе СИ индукция измеряется в теслах (Тл), а в ситстеме СГС – в гауссах (ГС).

Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля может быть также описана следующим уравнением:

$$B = \mu_a \cdot H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H, \qquad (3.3)$$

где $\mu_a$ – абсолютная магнитная проницаемость; $\mu_r$ – относительная магнитная проницаемость.

Абсолютная магнитная проницаемость имеет ту же размеренность, что и магнитная постоянная вакуума, а относительная магнитная проницаемость является безразмерной величиной.

Абсолютная и относительная магнитная проницаемости связаны между собой соотношением

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu_r. \qquad (3.4)$$

Если учесть, что

$$\mu_a = \frac{B}{H},$$

а (3.5)

$$\mu_r = \frac{B}{H \cdot \mu_0},$$

становится ясным физический смысл относительной магнитной проницаемости. Она показывает, во сколько раз магнитная индукция в веществе больше, чем индукция в вакууме под воздействием намагничивающих полей одинаковой напряженности.

## 3.2. Физическая природа магнетизма

Известно, что элементарный замкнутый круговой электрический ток *i* создает магнитное поле, основной характеристикой которого является магнитный элемент

$$\underline{m} = i \cdot \underline{S},$$

где $\underline{S}$ – векторная величина площади, охватываемой током.

На уровне атома можно условно выделить три основные формы движения электрических зарядов, создающих элементарные магнитные моменты:

- движение электронов по круговой орбите вокруг ядра;
- вращение электронов вокруг собственной оси;
- вращение протонов ядра атома.

Наибольший магнитный момент создается за счет вращения электрона вокруг собственной оси. Этот магнитный момент получил название – спин электрона. Спины электронов могут принимать только вполне определенные дискретные значения, кратные постоянной Планка. Минимальное значение спина электрона превышает магнитный момент, создаваемый протоном, примерно в 650 раз.

Но не все электроны, создающие электронные оболочки атома, участвуют в создании магнитного момента атома. Рассмотрим, как создается результирующий магнитный момент атома вещества. Электроны в атомах вещества занимают различные энергетические уровни, которые принято изображать в виде ряда электронных оболочек. Количество оболочек в атоме химического элемента определяется номером периода таблицы Менделеева, в котором расположен данный элемент. Каждая из электронных оболочек состоит из ряда подоболочек, число которых колеблется от 1 до 4. Номер электронной оболочки индексируется цифрами от 1 до 7, а номер подоболочки буквами *S*, *p*, *d*, *f*. Пример обозначения оболочек и подоболочек приведен на рис. 3.1.

В подоболочках с индексом *S* могут находиться максимально 2, в подоболочках *p* – 6, в подоболочках *d* – 10 и в подоболочках *f* – 14 электронов.

Заполнение электронами оболочек и подоболочек у подавляющего большинства элементов подчиняются следующему правилу.

Прежде всего заполняются наиболее близко расположенные к ядру атома оболочки и подоболочки. Заполнение последующих электронных подоболочек начинается после того, как полностью заполнена предыдущая.

В полностью заполненных подоболочках половина количества электронов, заполнивших электронную подоболочку, вращаются в одном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых условно принимается за *положительное*.

Другая половина электронов данной подоболочки вращается в противоположном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых принимается за *отрицательное*.

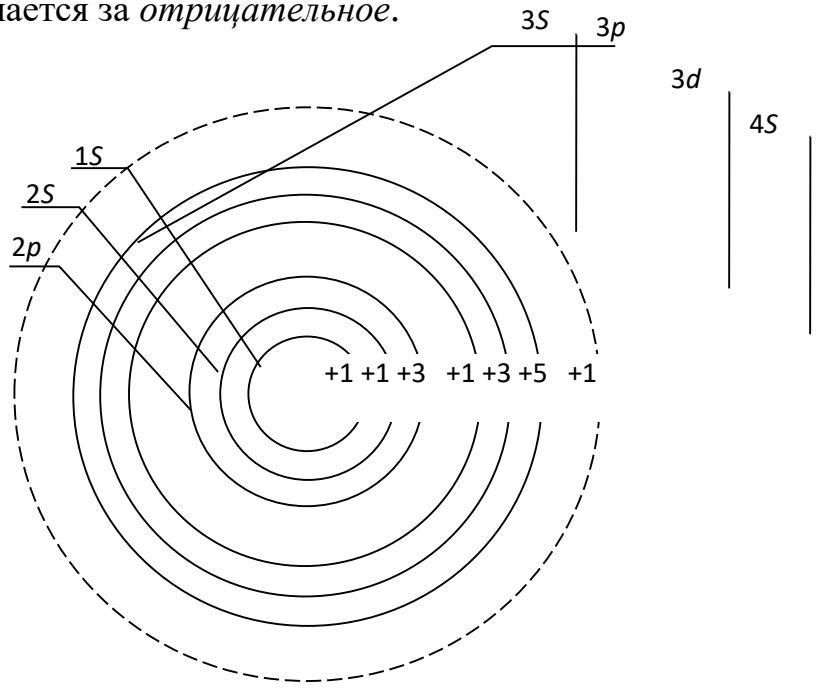



Рис. 3.1. Распределение электронов по оболочкам и подоболочкам в атоме железа

Так как количество положительных и отрицательных спинов в полностью заполненной электронной подоболочке одинаково, то они взаимокомпенсируются.

Следовательно, атомы элементов, электронные оболочки и подоболочки которых полностью заполнены электронами, не имеют собственных магнитных моментов, а сами вещества слабо намагничиваются в магнитном поле.

Но у ряда химических элементов такой порядок заполнения электронами оболочек и подоболочек нарушается.

Как видно из рис. 3.1, у атома железа не заполнена полностью подоболочка $3d$, на которой находится всего 6 электронов вместо 10, а уже заполнена следующая, валентная для железа, подоболочка $4S$.

Пять из шести электронов подоболочки $3d$ вращаются в одном направлении, создавая положительные спины электронов. Шестой электрон вращается в направлении обратном, создавая противоположно направленный спин – отрицательный.

Таким образом в подоболочке $3d$ атома железа существует 4 нескомпенсированных спинов электронов, которые, суммируясь, вызывают появление магнитного момента у атома.

Наличие нескомпенсированных спинов электронов в различных подоболочках наблюдается и у атомов ряда других элементов: кобальта, никеля, марганца и др.

Электроны, находящиеся в наружной валентной подоболочке, служить источником магнитных моментов не могут, т. к. при образовании молекул и кристаллов их магнитные моменты компенсируются спинами валентных электронов соседних атомов.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать первое условие возникновения ферромагнетизма у веществ.

Для того чтобы вещество хорошо намагничивалось и в нем создавалась большая магнитная индукция, необходимо, чтобы у атомов этого вещества существовали нескомпенсированные спины электронов в подоболочках, предшествующих валентной.

Однако выполнения только одного этого условия недостаточно для того, чтобы вещество являлось ферромагнетиком. Связано это с тем, что в любом объеме вещества, с которым приходится иметь дело на практике, содержится большое количество атомов. Электроны атомов образуют многоэлектронный коллектив.

Между атомами происходит постоянный обмен электронами. При обмене между электронами соседних атомов возникает сильное электростатическое взаимодействие. Данное взаимодействие получило название «обменного», а энергия этого взаимодействия называется «обменной энергией».

Такое электростатическое взаимодействие электронов соседних атомов способно ориентировать нескомпенсированные спины электронов определенным образом. Направление ориентации спинов электронов соседних атомов определяется значением обменной энергии.

График зависимости обменной энергии от отношения $K$ приведен на рис. 3.2.

Известно, что обменная энергия зависит от отношения

$$k = \frac{a}{r},$$

где $a$ – расстояние между центрами соседних атомов; $r$ – радиус электронной подоболочки с некомпенсированными спинами электронов.

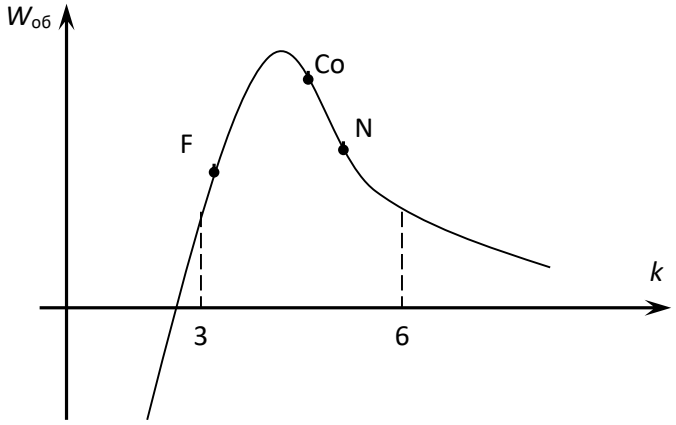



Рис. 2.2. Зависимость «обменной» энергии от геометрических размеров кристаллической решетки вещества

При $k > 3$ обменная энергия положительна, но настолько мала, что спины электронов соседних атомов ориентируются хаотично, вещества с такой ориентацией спинов намагничиваются слабо и относятся к классу парамагнетиков. С уменьшением $k$ значение обменной энергии возрастает, что заставляет спиновые моменты соседних атомов ориентироваться параллельно друг другу. Это приводит к тому, что спиновые моменты атомов складываются и возникает самопроизвольное намагниченное состояние вещества. При $k = 3{,}5$ обменная энергия достигает максимума и при дальнейшем сближении атомов начинает убывать. Когда $k < 3$, обменная энергия становится отрицательной. При отрицательной обменной энергии энергетически выгодным становится взаимопротивоголожная ориентация спинов электронов соседних атомов, приводящая к их взаимной компенсации. Вещества с отрицательной обменной энергией называются антиферромагнетиками.

Таким образом, второе условие возникновения ферромагнетизма в веществе заключается в том, что оно должно обладать достаточно большей положительной обменной энергией, т. е. отношение $k$ должно находиться в диапазоне $3 < k < 6$.

При выполнении обоих условий в веществе возникает внутреннее магнитное поле, характеризуемое намагниченностью М, определяемой в соответствии с уравнением (3.1).

## 3.3. Классификация веществ по магнитным свойствам

В 3.2. показано, что магнитные свойства веществ зависят от наличия или отсутствия нескомпенсированных спиновых моментов в электронных подоболочках атомов и от длины междуатомных расстояний между соседними атомами (отношение *k*).

По способности намагничиваться под воздействием магнитного поля все вещества подразделяются на следующие большие группы: диамагнетики, парамагнетики, магнетики.

Магнетики, в свою очередь, подразделяются на ферромагнетики, ферримагнетики и антиферромагнетики. Краткая характеристика каждой из групп материалов приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

**Классификация веществ по магнитным свойствам**

| Группа | Ориентация спиновых электронов соседних атомов | Краткая характеристика свойств |
|---|---|---|
| Диамагнетики | нескопенсированные спины электронов, отсутствуют | при отсутствии намагничивающего поля ($H$=0), намагниченность $M$=0. При $H\neq0$ появляются индуктированные магнитные моменты и $M\neq0$. Отсюда $\chi=-10^{-6}$, а $\mu_r<1$. Магнитная проницаемость $\mu_r$ не зависит от напряженности поля |
| Парамагнетики | ориентация спиновых моментов соседних атомов хаотичная | при $H$=0, у атомов существуют собственные магнитные моменты $m$, но намагниченность $M$=0, из-за хаотической оринетации спиновых моментов, $10^{-6}<\chi<10^{-3}$. Магнитная проницаемость $\mu_r>1$, но не значительно и не зависит от напряженности магнитного поля |

Продолжение табл. 3.1

| Группа | Ориентация спиновых электронов соседних атомов | Краткая характеристика свойств |
|---|---|---|
| Ферромагнетики | ориентация спиновых моментов паралельная | при $H$=0, у атомов существуют собственные магнитные моменты $m$, возникают области с самопроизвольной намагниченностью ($M\neq0$). Но в целом намагниченность всего атома вещества равна 0. $X=10^5\ldots10^7$. Магнитная проницаемость $\mu_r>>1$ и ее значение зависит от напряженности магнитного поля |
| Ферримагнетики (ферриты) | антипаралельная ориентация магнитных моментов разного | материалы, получаемые спеканием оксидов железа, никеля, цинка, |

| | | |
|---|---|---|
| | значения | марганца и других металлов, являются нескомпенсированными антиферомагнетиками. При $H$=0 существуют области самопроизвольного намагничивания с $M \neq 0$. В целом вещество остается ненамагниченным. Магнитная проницаемость $\mu_r >> 1$ и зависит от напряженности поля |
| Антиферомагнетики | антипаралельная ориентация спиновых моментов соседних атомов | атомы имеют собственные магнитные моменты, одинаковые по значению и противоположно направленные. При H=0, намагниченность M=0, т. к. эти вещества обладают отрицательной обменной энергией. Легированием других веществ могут быть превращены в ферримагнетики. |

Из таблицы видно, что наиболее высокими свойствами обладают ферромагнетики и ферримагнетики, в которых можно создавать значительно большие магнитные индукции, чем в других материалах, из-за наличия у них самопроизвольной намагниченности.

## 3.4. Строение ферромагнетиков

Все процессы намагничивания и перемагничивания обусловлены магнитным взаимодействием атомов. Это взаимодействие приводит к тому, что при отсутствии внешнего магнитного поля ферромагнитные тела разбиваются на области с самопроизвольным намагничиванием, называемые *доменами*.

Объем домена колеблется в пределах $10^{-1} \div 10^{-6}$ см$^3$. Каждый из доменов намагничен до насыщения в направлении, отличном от направления намагниченности соседних доменов. Насыщенное магнитное состояние домена оценивается намагниченностью насыщения $M_S$, которая определяется из следующего уравнения:

$$M_S = \lim_{V \to 0} \left( \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i}{V} \right). \qquad (3.6)$$

Направление намагниченности каждого из доменов устанавливается таким, чтобы магнитные моменты их взаимокомпенсировались, и намагниченность ферромагнетика в целом равнялась нулю при отсутствии внешнего намагничивающего поля.

Рассмотрим подробнее, почему это происходит. Допустим, что ферромагнетик имеет однодоменную структуру, при которой магнитные моменты атомов ориентированы параллельно.

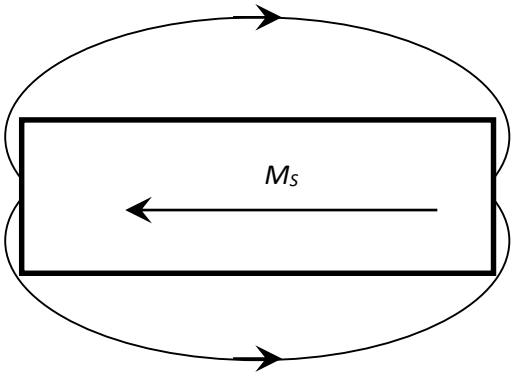



Рис. 3.3. Однодоменная структура строения ферромагнетика

При такой структуре строения (рис. 3.3.) силовые линии магнитного поля замыкаются через окружающее образец воздушное пространство, и, следовательно, в нем возникает размагничивающее поле напряженностью:

$$H_p = -N \cdot M_S\,, \tag{3.7}$$

где $N$ – коэффициент размагничивания, значение которого зависит от структуры строения, ферромагнетика (числа доменов).

В отсутствие внешнего магнитного поля свободная магнитостатическая энергия образца в собственном размагничивающем поле зависит от коэффициента размагничивания и может быть определена из уравнения

$$W_{\text{ст}} = -0{,}5N \cdot H_p \cdot M_S = 0{,}5N \cdot M_S^2. \tag{3.8}$$

Так как коэффициент размагничивания имеет наибольшее значение при однодоменной структуре строения, то и свободная магнитостатическая энергия максимальна именно при такой структуре строения.

Известно, что при отсутствии внешних источников энергии вещество стремится приобрести такую структуру строения, при которой его собственная энергия была бы минимальна. С этой точки зрения однодоменная структура строения для ферромагнетика является энергетически невыгодной, так как в этом случае он обладает максимальной свободной магнитостатической энергией.

Стремясь уменьшить значение магнитостатической энергии, ферромагнетик начинает самопроизвольно делиться на области со спонтанным намагничиванием.

Энергетически более выгодными являются структуры с двумя и четырьмя доменами, рис. 3.4.

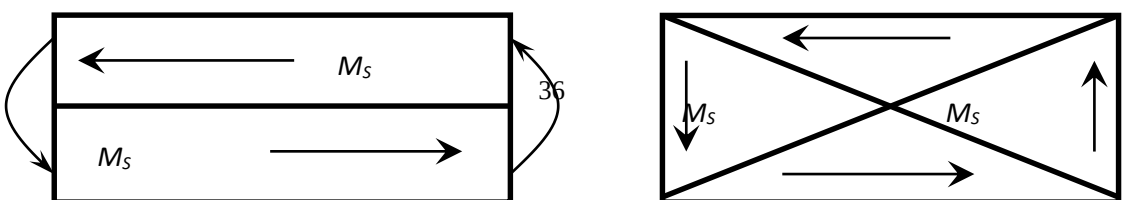


Рис. 3.4. Двухдоменная и четырехдоменная структура строения ферромагнетика

При двухдоменной структуре коэффициент размагничивания и, следовательно, свободная магнитостатическая энергия приблизительно в два раза меньше, чем при однодоменной.

Энергетически еще более выгодной является структура с четырьмя доменами. При самопроизвольном разбиении образца на 4 домена в каждом из них устанавливаются такие направления спонтанной намагниченности, при которых магнитный поток замыкается внутри образца и размагничивающее поле отсутствует, $H_p = 0$.

При переходе от домена к домену направление намагниченности изменяется плавно в пределах слоя, расположенного между соседними доменами. Этот слой получил название стенки, или границы (рис. 3.5).

В пределах границы происходит постепенный поворот спинов от одного направления намагниченности к другому. Толщина стенок соответствует определенному значению общей свободной энергии стенки, которая складывается из обменной энергии, магнитоупругой энергии и энергии магнитной анизотропии.

Спонтанное деление образца ферромагнетика на домены приводит к уменьшению свободной магнитостатической энергии образца. Но одновременно возрастает количество стенок между доменами, что приводит к увеличению свободной энергии, равной сумме свободных энергий всех стенок.

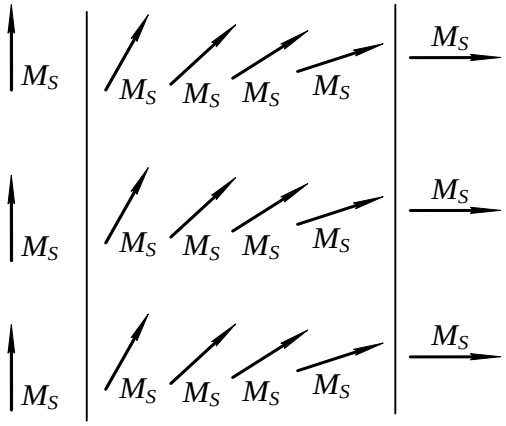



Рис. 3.5. Схема поворота спинов атома в пределах границы домена

Деление ферромагнетика на домены будет продолжаться до тех пор, пока затраты энергии на создание нового домена, равные свободной энергии стенки,

не сравняются с уменьшением магнитостатической энергии. Дальнейшее деление ферромагнетика на домены становится энергетически невыгодным.

Доменная структура строения ферромагнетика сохраняется только до определенной температуры, называемой температурой Кюри, или точкой Кюри.

Точка Кюри соответствует равенству кинетической энергии теплового движения и обменной энергии. Поэтому у разных ферромагнетиков точка Кюри различна. Так, у железа она равна 770 °С, у никеля – 358 °С, у кобальта – 1127 °С.

При температуре выше, чем точка Кюри, кинетическая энергия теплового движения становится достаточной для преодоления ориентирующего действия обменной энергии, и состояние самопроизвольной намагниченности доменов нарушается. Ферромагнетик превращается в парамагнетик.

### 3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции

Практически все ферромагнетики состоят из большого числа кристаллов. Кристаллы различных материалов имеют разные пространственные кристаллические решетки, в узлах которых находятся атомы вещества. Так, кристалл железа представляет собой куб, в вершинах и в центре которого располагаются атомы железа (рис. 3.6, *а*).

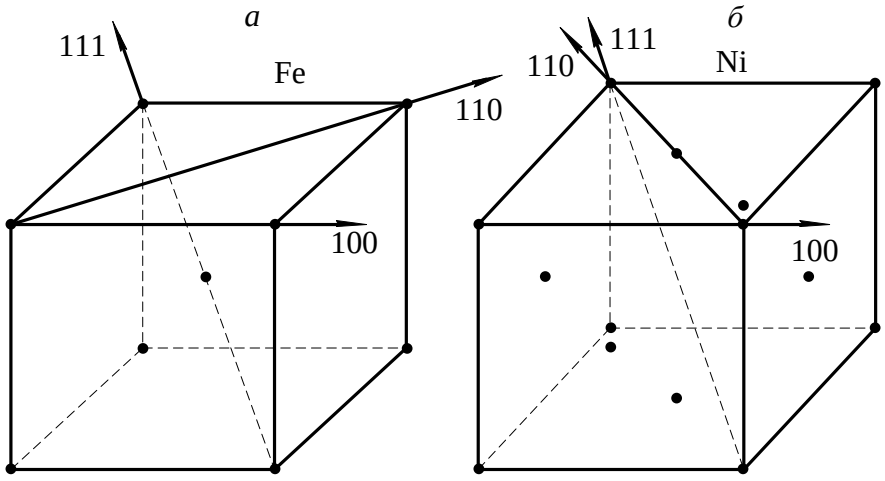



Рис. 3.6. Основные кристаллографические направления железа и никеля

В кристаллах железа различают три основные кристаллографических направления:

- 100 – направление по ребру куба;
- 110 – направление по диагонали грани куба;
- 111 – направление по диагонали грани самого куба.

Если ферромагнетик намагничивать по различным кристаллографическим направлениям, то состояние насыщения будет достигаться при разных значениях напряженности магнитного поля.

Состояние магнитного насыщения железа достигается при наименьшей напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по направлению 100, т. е. по ребру куба. И наоборот, насыщение железа происходит при максимальной напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по кристаллографической оси 111.

Направление 100 называется *осью легкого намагничивания*, направление 111 – *осью трудного намагничивания*.

Если железо намагничивать по кристаллографическому направлению 110, то насыщение материала достигается при меньшей напряженности намагничивающего поля, чем при намагничивании по оси 111 и большей, чем при намагничивании по кристаллографическому направлению 100. Кристаллографическое направление 110 называется *осью среднего намагничивания*. Кривые намагничивания для разных направлений железа приведены на рисунке 3.7.

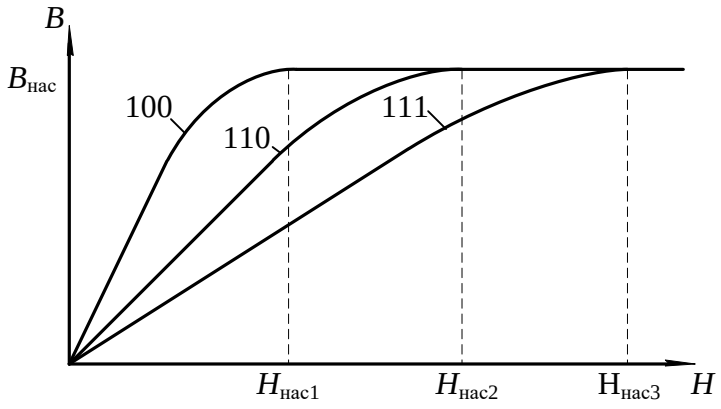



Рис. 3.7. Кривые намагничивания для разных направлений железа

В отличие от железа, у кристалла никеля атомы располагаются в вершинах и в центрах каждой грани куба. Такое расположение атомов в кристалле никеля приводит к изменению осей легкого и трудного намагничивания. У никеля осью легкого намагничивания является направление 111, а осью трудного намагничивания – кристаллографическое направление 100 (рис. 3.6, *б*). Направление среднего намагничивания у никеля остается таким же, что и у железа –110.

Различие магнитных свойств у ферромагнетиков при намагничивании по различным кристаллографическим направлениям называется *магнитной анизотропией*.

Явление магнитной анизотропии учитывается при изготовлении холоднокатаных анизотропных текстурованных электротехнических сталей. У таких сталей оси легкого намагничивания всех кристаллов совпадают с направлением прокатки. Применение анизотропных холоднокатаных сталей позволяет уменьшить вес электрических машин примерно на одну треть, по

сравнению с электрическими машинами такой же мощности, в которых используется изотропная горячекатаная сталь.

Намагничивание ферромагнетиков сопровождается изменением линейных размеров образца за счет магнитного взаимодействия электронов, вызывающего изменение расстояний и деформацию кристаллической решетки. Это явление называется *магнитострикцией*. Относительное изменение линейных размеров ферромагнетика при намагничивании оценивается коэффициентом магнитострикции:

$$\lambda = \pm \frac{\Delta l}{l},$$

где $\Delta l$ – удлинение образца ферромагнетика при намагничивании; $l$ – исходная длина образца до намагничивания.

Значение и знак коэффициента магнитострикции зависят от направления намагничивания и вида ферромагнетика.

Так, при намагничивании кристалла железа по оси легкого намагничивания происходит его удлинение вдоль этой оси и, следовательно, коэффициент магнитострикции является положительным.

Если же железо намагничивать по оси трудного намагничивания, то происходит укорочение образца вдоль данной оси, т. е. коэффициент магнитострикции отрицателен.

В отличие от железа, у кристаллов никеля коэффициент магнитострикции отрицателен при намагничивании по оси легкого намагничивания 111, и положителен, если намагничивать кристалл по оси трудного намагничивания.

Удлинение или сжатие ферромагнетика в направлении намагничивающего поля сопровождается сжатием или удлинением, соответственно, в поперечном направлении.

Явление магнитострикции обнаруживается и во влиянии внешних механических воздействий на магнитные свойства ферромагнетиков.

Растяжение ферромагнетика внешними механическими силами вызывает облегчение, а сжатие – затруднение процесса намагничивания, если у ферромагнетика положительный коэффициент магнитострикции. Для материалов с отрицательным коэффициентом магнитострикции сжатие приводит к облегчению, а растяжение – к затруднению процесса намагничивания. Явление магнитострикции широко используется в технике. Например, в области ультразвуковой локации магнитострикционные материалы широко используются как источники ультразвука.

Явление магнитострикции, свойственное магнитным материалам, приводит к тому, что линейные размеры магнитопроводов машин переменного тока колеблются с частотой, равной частоте переменного магнитного поля. Это

приводит к возникновению дополнительных механических напряжений в местах крепления магнитопровода к корпусу электрической машины и появлению шума, что является нежелательным.

## 3.6. Намагничивание ферромагнетика

Если размагниченный ферромагнетик поместить в магнитное поле, то под воздействием напряженности поля начинается перераспределение магнитных моментов доменов, в результате которого появляется намагниченность ферромагнетика в направлении напряженности намагничивающегося поля.

Внутри ферромагнетика создается магнитная индукция, значение которой определяется намагниченностью ферромагнетика и напряженностью $H$ намагничивающего поля:

$$B = \mu_0(H + M). \qquad (3.9)$$

В ферромагнетиках внутренняя намагниченность значительно больше напряженности намагничивающего поля ($H > M$). В связи с этим значение магнитной индукции, в основном, определяется внутренней намагниченностью ферромагнетика, а не напряженностью внешнего поля.

Рассмотрим подробнее процесс намагничивания ферромагнетика. На рис. 3.8. приведена основная кривая намагничивания .

Выделим на этой кривой участки, в пределах которых возрастание магнитной индукции обусловливается различными процессами.

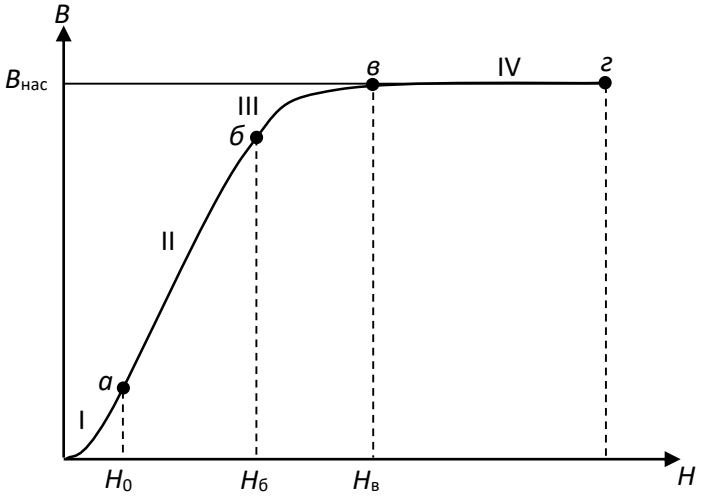



Рис. 3.8. Основная кривая намагничивания ферромагнетика

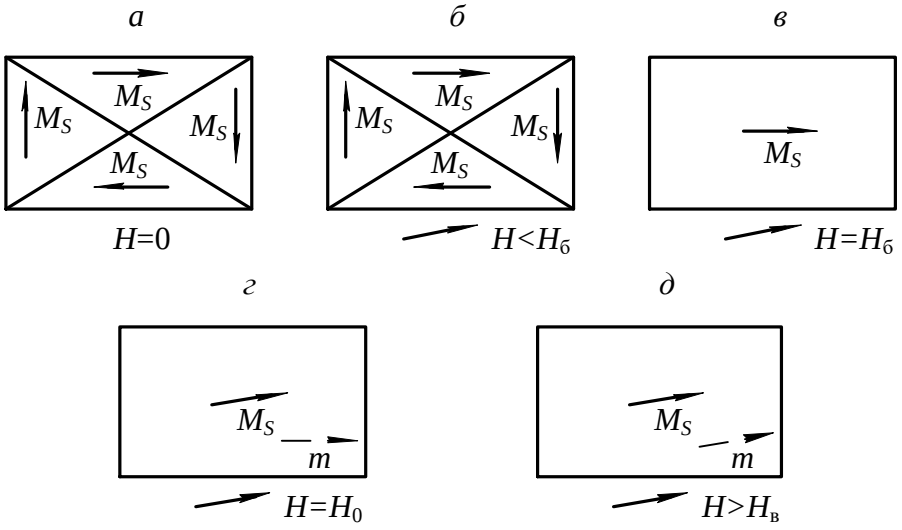



Рис. 3.9. Схема намагничивания ферромагнетика

Из параграфа 3.4. известно, что размагниченный образец ферромагнитного материала при отсутствии магнитного поля ($H$ = 0) самопроизвольно разбивается на домены, направление намагниченности каждого из которых такое, что суммарная намагниченность образца в целом равна 0 (рис. 3.9, *а*).

Намагничиваем образец, плавно увеличивая напряженность магнитного поля. В диапазоне изменения напряженности $H$ от 0 до $H_а$ происходит рост объема (смещение границ) тех доменов, у которых направление собственной намагниченности наиболее близко к направлению напряженности внешнего намагничивающего поля (рис. 3.9, *б*). Процесс роста домена в этом диапазоне осуществляется вполне упруго и без потерь энергии. Если напряженность поля опять уменьшить до 0, то ферромагнетик вернется в исходное размагниченное состояние (см. рис. 3.9, *а*).

При возрастании напряженности в диапазоне $H_а < H < H_б$ магнитная индукция за счет продолжающегося смягчения границ доменов с наименьшим углом между собственностью и напряженностью намагничивающегося поля (рис. 3.9, *б*). Только этот процесс приобретает необратимый характер и связан с потерями энергии. Необратимость процесса на участке II кривой намагничивания (см. рис. 3.8) обусловлена тем, что неоднородные внутренние напряжения, инородные включения, пустоты и дефекты, всегда имеющиеся в материале, препятствуют смещению границ доменов. Наличие препятствий приводит к тому, что при плавном повышении напряженности поля индукция в ферромагнетике изменяется скачкообразно. Скачкообразное изменение индукции вызывает появление микроскопических вихревых токов, при

протекании которых происходит нагрев образца, т.е. в материале возникают потери энергии на намагничивание.

Чтобы размагнитить образец после того, как напряженность поля возросла до $H > H_а$, необходимо изменить направление напряженности поля на обратное и опять затратить энергию. Когда напряженность поля $H = H_б$, ферромагнетик приобретает однодоменную структуру строения (рис. 3.9, *в*), но направление намагниченности отлично от направления напряженности намагничивающегося поля.

Дальнейшее повышение напряженности поля вызывает рост магнитной индукции в образце за счет процесса ориентации магнитных моментов в направлении поля (поворот моментов). Когда направление магнитных моментов домена совпадает с направлением напряженности намагничивающего поля, рост магнитной индукции практически прекратится с ростом напряженности поля (рис. 3.9, *г*).

Такое состояние ферромагнетика называется техническим насыщением. Напряженность поля в точке «в» кривой намагничивания обозначается $H_S$ и называется *напряженностью насыщения*.

С дальнейшим ростом напряженности поля ($H > H_в$ ) наблюдается медленное и весьма незначительное повышение намагниченности за счет парапроцесса, заключающегося в дополнительной ориентации спиновых моментов электронов, направление которых отлично от направления поля из-за теплового движения частиц.

## 3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях

*Квазипостоянным магнитным полем* называется такое переменное поле, напряженность которого изменяется с частотой, близкой к 0, и амплитудой, равной $H_m$ .

Если предварительно размагниченный образец поместить в квазипостоянное магнитное поле, то при возрастании напряженности поля от 0 до + $H_m$ индукция в образце увеличивается в соответствии с основной кривой намагничивания (участок *ОА*, рис. 3.10).

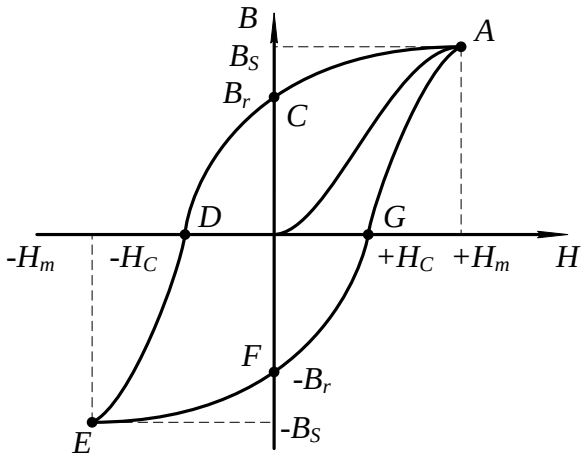



Рис. 3.10. Петля гистерезиса ферромагнетика

После того, как напряженность намагничивающего поля достигнет значения, равного амплитудному, она начинает уменьшаться до 0, вызывая снижение магнитной индукции за счет обратного поворота магнитного момента домена в направлении ближайшей оси легкого намагничивания. Когда напряженность поля станет равной 0, в ферромагнетике сохранится остаточная магнитная индукция $B_r$ (участок *AC*, см. рис. 3.10). В дальнейшем напряженность намагничивающего поля изменяет свое направление на обратное и становится «отрицательной», вызывая дальнейшее уменьшение магнитной индукции (участок *CD*, см. рис. 3.10). На этом участке происходит необратимое разделение однодоменной структуры ферромагнетика на ряд доменов с различными направлениями собственных магнитных моментов. Когда напряженность поля $H$ становится равной $-H_C$ (коэрцитивная сила), ферромагнетик приобретает структуру, аналогичную структуре строения до начала намагничивания, а индукция образца становится равной нулю (точка *D*, см. рис. 3.10).

На участке *DE* напряженность поля изменяется в пределах от $-H_C$ до $-H_m$. Магнитная индукция в образце возрастает за счет смещения границ доменов и последующей ориентации векторов намагниченности в направлении действия поля.

Достигнув амплитудного значения, напряженность магнитного поля начинает изменяться от $-H_m$ до 0.

Индукция в образце уменьшается до значения, равного остаточной магнитной индукции (участок *EF*) за счет процесса, аналогичного процессу размагничивания ферромагнетика на участке АС.

При изменении напряженности поля от 0 до $+H_C$ (участок *FG*) продолжается процесс размагничивания образца аналогично размагничиванию на участке *CD*. Когда $H = H_C$, индукция в образце равна 0.

Дальнейшее возрастание напряженности поля до амплитудного значения приводит к намагничиванию образца и возрастанию индукции.

Таким образом, зависимость магнитной индукции от напряженности квазипостоянного поля за полный цикл перемагничивания представляет петлю, называемую *петлей гистерезиса*.

Площадь петли гистерезиса пропорциональна потерям на гистерезис.

Если после каждого цикла перемагничивания увеличивать амплитуду напряженности квазипостоянного магнитного поля, то получится семейство петель гистерезиса. Причем большему значению амплитуды напряженности поля будет соответствовать петля с большей амплитудой магнитной индукции и площадью петли (рис. 3.11). Когда напряженность поля достигает значения, при котором наступает насыщение ферромагнетика, площадь петли гистерезиса максимальна. При дальнейшем возрастании амплитуды напряженности площадь петли остается постоянной, а в концах петли появляются прямолинейные участки со слабым возрастанием магнитной индукции.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной петлей гистерезиса*.

По предельной петле гистерезиса определяются основные характеристики магнитных материалов, значения которых приводятся в справочниках; индукция технического насыщения, $B_s$; напряженность поля, при которой достигается насыщение ферромагнетика, $H_s$; остаточная индукция, $B_r$; коэрцитивная сила, $H_c$.

Если через вершины семейства петель гистерезиса провести линию, то полученная кривая $B_m = f(H_m)$ представляет собой основную кривую намагничивания.

По основной кривой намагничивания определяются абсолютная и относительная магнитные проницаемости:

$$\mu_a = \frac{B_m}{H_m}; \tag{3.10}$$

$$\mu_r = \frac{B_m}{(\mu_0 \cdot H_m)}, \tag{3.11}$$

где $\mu_a$ – абсолютная магнитная проницаемость.

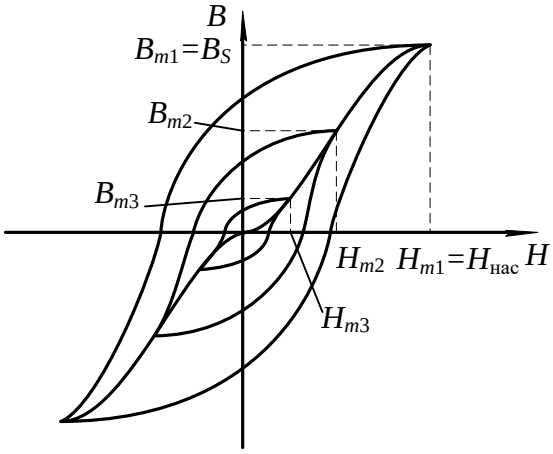



Рис. 3.11. Семейство петель гистерезиса

Определяя значение относительной магнитной проницаемости для каждого значения напряженности намагничивающего поля по основой кривой намагничивания, можно получить зависимость $\mu_r = f(H_m)$, (рис. 3.12).

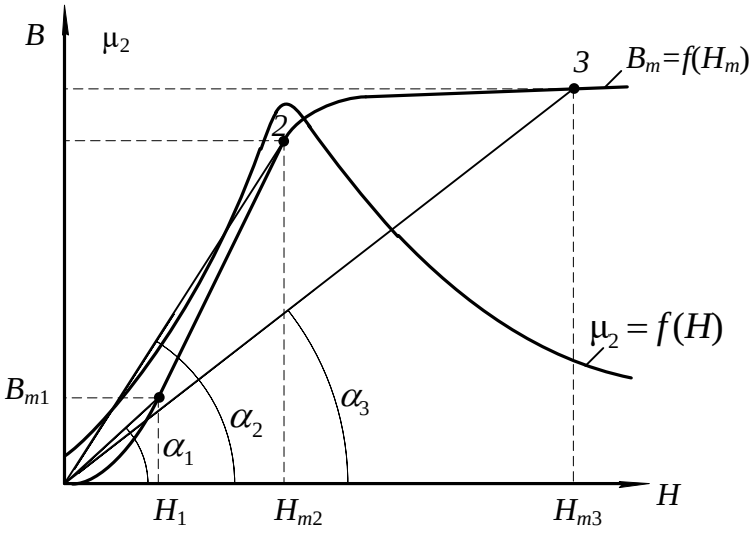



Рис. 3.12. Зависимость относительной магнитной проницаемости от напряженности поля

Как видно из рис. 3.12,относительная магнитная проницаемость с ростом напряженности поля вначале возрастает от $\mu_{\text{нач}}$ до $\mu_{\max}$, а затем уменьшается. Неоднозначный характер изменения $\mu_r$ связан с видом основной кривой намагничивания. Покажем это на примере. Допустим, что необходимо определить проницаемость материала $\mu_r$ в точках 1, 2 и 3.

Тогда, в соответствии с формулой (3.11):

$$\mu_{r1} = \frac{B_1}{(\mu_o \cdot H_1)};$$

$$\mu_{r2} = \frac{B_2}{(\mu_o \cdot H_2)};$$

$$\mu_{r3} = \frac{B_3}{(\mu_o \cdot H_3)}.$$

$B_1$ и $H_1$, $B_2$ и $H_2$, $B_3$ и $H_3$ с учетом масштабов по индукции и напряженности представляют собой катеты прямоугольных треугольников с вершинами $O_{11}$, $O_{22}$ и $O_{33}$ соответственно, а отношения $B_1/H_1$, $B_2/H_2$, $B_3/H_3$ являются тангенсами углов наклона, образованных прямыми, проведенными из начала координат в точки 1, 2, 3, на кривой намагничивания.

Вследствие переменной крутизны основной кривой намагничивания, угол наклона этих прямых сначала возрастает, затем, когда ферромагнетик входит в состояние насыщения, уменьшается с ростом напряженности намагничивающего поля. Максимальное значение магнитной проницаемости $\mu_r$ достигается в той точке кривой намагничивания, в которой прямая, соединяющая эту точку с началом координат, является касательной к кривой намагничивания. Значение магнитной проницаемости в этой точке обозначается $\mu_{r\,max}$ и обычно находится в начале участка *б – в* кривой намагничивания (см. рис. 3.8).

Определение магнитной проницаемости $\mu_r$ при напряженности поля $H = 0$ в соответствии с уравнением (3.11) лишено смысла, так как значение относительной магнитной проницаемости в этом случае неопределенно. В связи с этим введено понятие *начальной магнитной проницаемости* $\mu_{r\,нач}$.

За начальную магнитную проницаемость принимается предельное значение отношения индукции, деленной на магнитную постоянную, к напряженности при стремлении напряженности магнитного поля к нулю:

$$\mu_{r\,нач} = \frac{1}{\mu_o} \cdot \lim_{H \to 0} \frac{B}{H}. \qquad (3.12)$$

Практически начальная магнитная проницаемость $\mu_{r\,нач}$ определяется при напряженности поля $H \leq 0{,}1$ А/м.

Значения начальной $\mu_{r\,нач}$ и максимальной $\mu_{r\,max}$ магнитных проницаемостей для каждого магнитного материала приводятся в справочниках.

## 3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость

Неоднозначность зависимости магнитной индукции от напряженности поля существенно усложняет расчет и анализ цепей, содержащих магнитные элементы. С целью упрощения, расчеты и анализ электромагнитных цепей часто ведутся по основной кривой намагничивания $B=f(H)$, что в ряде случаев приводит к существенным ошибкам. Особенно это касается тех ферромагнитных устройств, форма и значение выходного напряжения которых зависят от того, как и в каких пределах изменяется на напряженность магнитного поля. Для таких устройств введена еще одна характеристика магнитного материала – дифференциальная магнитная проницаемость:

$$\mu_{rg} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{dB}{dH}, \qquad (3.13)$$

где $\frac{dB}{dH}$ – производная от магнитной индукции по напряженности поля в заданной точке петли гистезиса.

Если определить $\mu_{rg}$ в каждой точке петли гистезиса, то можно получить зависимость $\mu_{rg}=f(H)$, представленную на рис. 3.13.

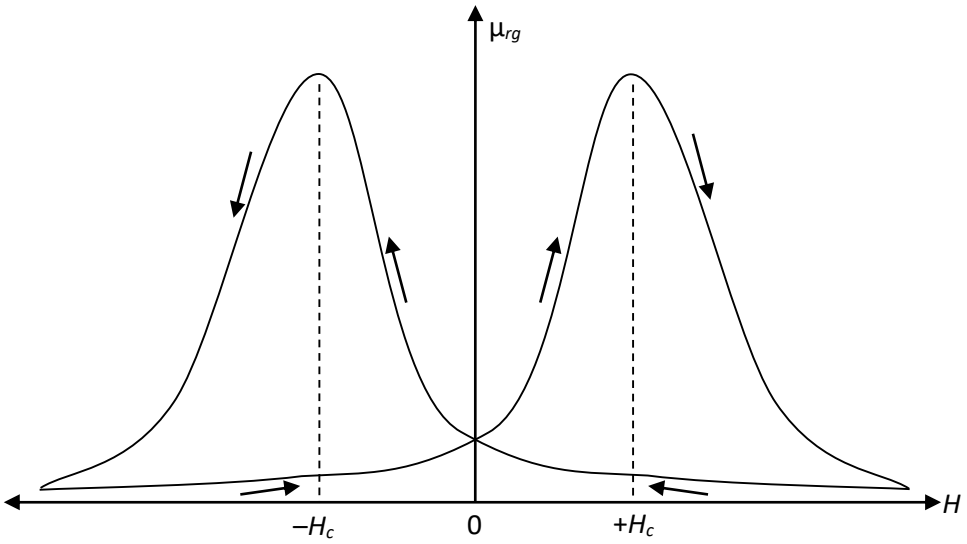



Рис. 3.13. Зависимость дифференциальной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля

Полученная зависимость $\mu_{rg}=f(H)$ за полный цикл перемагничивания представляет собой замкнутую петлю с двумя максимумами. Максимальные значения $\mu_{rg}$ достигаются при напряженностях магнитного поля, приблизительно равных коэффициентной силе $H=\pm H_c$. Минимальные значения $\mu_{rg}$ соответствуют вершинам предельной петли гистезиса.

В диапазоне напряженности от 0 до $+H_c$ дифференциальная магнитная проницаемость возрастает до $\mu_{rg\max}$, т. к. возрастает производная от индукции по напряженности (крутизна петли гистезиса) $\frac{dB}{dH}$ (участок *FG*, рис. 3.10).

При изменении напряженности поля от $+H_c$ до $+H_m$ $\mu_{rg}$ уменьшается из-за уменьшения крутизны петли гистезиса (участок *GA* рис. 3.10).

Последующее уменьшение $H$ от $+H_m$ до 0, вызывает медленное возрастание дифференциальной магнитной проницаемости, т. к. крутизна петли гистезиса на участке *AC* (рис. 3.10) медленно растет.

Характер зависимости $\mu_{rg}=f(H)$ при отрицательных значениях напряженности аналогичен характеру этой же зависимости при положительных значениях напряженности.

## 3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях

### *3.9.1. Динамическая петля намагничивания*

Когда на магнитный материал воздействует переменное магнитное поле, напряженность которого изменяется с частотой *f*, то он периодически перемагничивается с той же самой частотой. При таком циклическом перемагничивании зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля представляет собой петлю, которая называется *д и н а м и ч е с к о й п е т л е й намагничивания.*

Площадь динамической петли намагничивания больше площади петли гистерезиса, полученной при той же амплитуде напряженности поля. Это объясняется тем, что потери на перемагничивание в переменных магнитных полях больше, чем в квазипостоянных. Если изменять амплитуду напряженности переменного магнитного поля, то можно получить семейство динамических петель намагничивания (рис. 3.14).

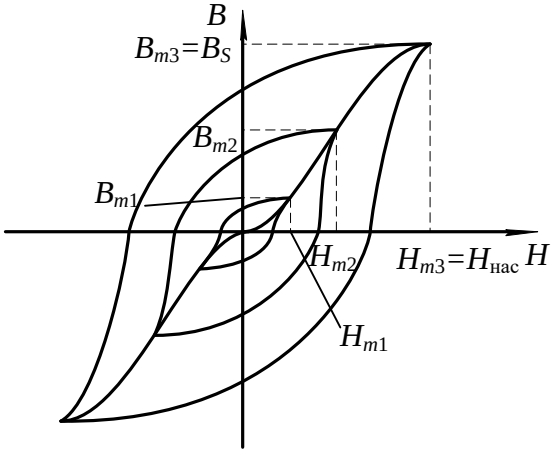



Рис. 3.14. Семейство динамических петель намагничивания

Как видно из рис. 3.14, с увеличением амплитуды напряженности магнитного поля растут амплитуда магнитной индукции и площадь динамической петли намагничивания. После того, как амплитуда напряженности поля достигает значения, при котором наступает насыщение магнитного материала, возрастание индукции и площади петли прекращается, а в вершинах петли появляются линейные участки, практически параллельные оси напряженности поля.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной динамической петлей намагничивания.*

Если через вершины семейства динамических петель намагничивания провести линию, то полученная зависимость $B_m = f(H_m)$ называется *основной динамической кривой намагничивания*.

По предельной динамической петле намагничивания и динамической кривой намагничивания определяются основные характеристики магнитных материалов в переменном магнитном поле аналогично определению характеристик этих материалов в квазипостоянном магнитном поле.

### *3.9.2. Эффект вытеснения магнитного поля при перемагничивании ферромагнетиков в переменном поле*

Перемагничивание в переменном магнитном поле приводит к появлению в магнитных материалах вихревых токов, протекание которых вызывает появление эффекта вытеснения магнитного поля из центра к периферии образца.

Рассмотрим подробнее это явление.

Пусть имеется образец магнитного материала площадью сечения $S$ (рис. 3.15).

Можно разбить сечение такого образца на ряд элементарных замкнутых контуров толщиной $\Delta h$. Переменный магнитный поток, сцепляясь с каждым из элементарных витков, наводит в них ЭДС.

Под воздействием наведенной ЭДС в каждом из витков начнет протекать макроскопический вихревой ток, который создает свою магнитодвижущую силу $F_{вт}$, направленную противоположно основной магнитодвижущей силе, создающей переменный магнитный поток в образце. Таким образом, в переменном магнитном поле на магнитный материал воздействуют две магнитодвижущие силы, направленные встречно друг другу. В результате возникает результирующая магнитодвижущая сила (МДС), которая может быть определена как разность двух магнитодвижущих сил:

$$F_{р} = F - F_{вт},$$

где $F_{р}$ – результирующая МДС; $F$ – основная МДС, создаваемая намагничивающим током; $F_{вт}$ – МДС вихревого тока.

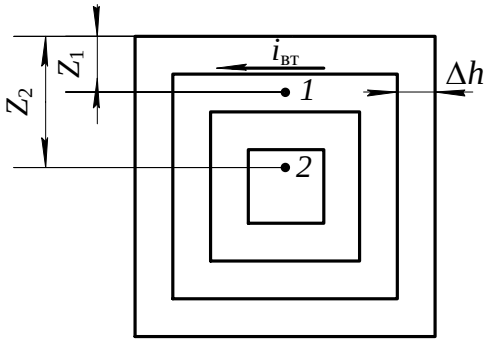



Рис. 3.15. К объяснению эффекта вытеснения

Известно, что значение магнитодвижущей силы вихревого тока в какой-либо точке сечения образца зависит от числа элементарных контуров, охватывающих данную точку. Поскольку точка *2* охвачена большим числом элементарных контуров с вихревыми токами, чем точка *1*, то можно сделать вывод, что магнитодвижущая сила вихревого тока возрастает по мере удаления от поверхности образца к центру (рис. 3.16). Экспериментально установлено, что МДС вихревого тока зависит от расстояния до заданной точки от поверхности образца по экспоненциальному закону (кривые $F_{вт1}$ и $F_{вт2}$).

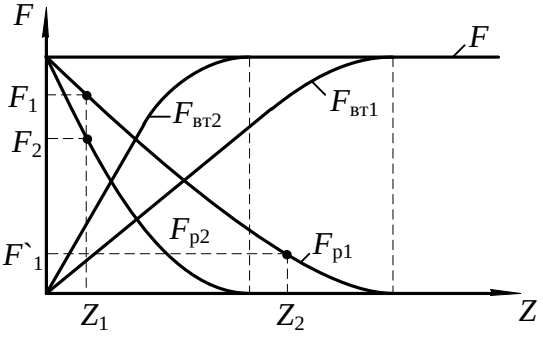



Рис. 3.16. Зависимость изменения результирующей МДС от расстояния до поверхности

образца

На рис. 3.16 построены зависимости магнитодвижущих сил от расстояния $Z$ для двух различных частот намагничивающего поля $f_1$ и $f_2$ ($f_1 > f_2$). Тогда результирующая магнитодвижущая сила по мере удаления от поверхности образца к его центру убывает также по экспоненциальному закону (кривые $F_{p1}$ и $F_{p2}$). Аналогично результирующей магнитодвижущей силе уменьшается и напряженность магнитного поля по мере удаления от поверхности образца к центру. Зависимость напряженности поля от расстояния определяется из уравнения:

$$H(Z) = H_{\max} \cdot e^{-bz}.$$

где $H_{\max}$ – напряженность поля на поверхности образца; $Z$ – расстояние от поверхности образца; $b = 2\pi \frac{\sqrt{\frac{\mu_p \cdot \gamma}{T}}}{C}$; $C$ – константа, обусловленная выбором системы единиц; $T$ – период волны напряженности поля; $\gamma$ – удельная проводимость образца.

В соответствии с изменением напряженности переменного магнитного поля уменьшается индукция в образце с увеличением расстояния от его поверхности. При достаточно большой толщине образца уменьшение индукции может привести к тому, что в центральной части сечения образца индукция будет равна 0, а магнитный поток в ней отсутствовать. Таким образом, за счет макроскопических вихревых токов возникает эффект вытеснения магнитного потока из центральной части сечения образца к периферии. Следовательно, из-за эффекта-вытеснения магнитного поля уменьшается площадь сечения образца, по которой проходит магнитный поток. Уменьшение площади сечения приводит к возрастанию магнитного сопротивления образца и соответствующему падению величины магнитного потока. Зависимость магнитного потока Ф в ферромагнетике от магнитодвижущей силы $F$ и от сопротивления магнитной цепи $R_м$ описывается формулой

$$\Phi = \frac{F}{R_м}.$$

Магнитное сопротивление определяется по уравнению:

$$R_м = \frac{l}{S' \cdot \mu_a},$$

где и $S'$ – длина и площадь сечения образца ферромагнетика, через которую проходит магнитный поток; $\mu_a$ – абсолютная магнитная проницаемость ферромагнетика.

Как видно из вышеприведенных равенств, уменьшение площади, по которой проходит магнитный поток, вызываем возрастание магнитного сопротивления образца. А увеличение магнитного сопротивления уменьшает магнитный поток в ферромагнетике при неизменной магнитодвижущей силе. Т.к. геометрические размеры образца (длина и площадь сечения) остаются постоянными при намагничивании, то уменьшение магнитного потока к снижению магнитной индукции в образце:

$$B = \frac{\Phi}{S},$$

где $S$ – геометрическая площадь сечения образца.

Для оценки влияния эффекта вытеснения на магнитное сопротивление образца используется характеристика, называемая *глубиной проникновения переменного магнитного поля в ферромагнетик*:

$$Z_1 = \frac{1}{b},$$

где $Z_1$ – глубина проникновения переменного магнитного поля.

*Глубиной проникновения* называется расстояние от поверхности образца, на котором амплитудное значение напряженности магнитного поля уменьшается в 2,7 раза, по сравнению с напряженностью поля на поверхности образца.

Глубина проникновения определяется химическим составом ферромагнетика и частотой магнитного поля.

Для ослабления эффекта вытеснения магнитопроводы электрических машин собирают из отдельных листов электротехнической стали, толщина которых не превышает $Z_1$. На поверхности листов стали наносятся электроизоляционные покрытия (лаковые, оксидные и т. п.), обладающие высокими электрическими сопротивлениями, наличие участков с высоким электрическим сопротивлением на пути протекания вихревых токов приводит к их уменьшению и соответственному ослаблению эффекта вытеснения.

При больших толщинах листов, чем $Z_1$ или цельнолитых магнитопроводах, магнитные свойства ферромагнетиков используются плохо из-за ярко выраженного эффекта вытеснения.

Существенное влияние на эффект вытеснения оказывает частота переменного магнитного поля. Это объясняется тем, что с ростом частоты увеличивается ЭДС $E_{вт}$, наводимая в элементарном контуре, так как значение ее прямо пропорционально частоте. Возрастание ЭДС приводит к увеличению

вихревого тока и МДС $F_{вт}$. Поэтому на одном и том же расстоянии $Z$ от поверхности образца (см. рис. 3.16) результирующая магнитодвижущая сила при большей частоте окажется меньше, чем при меньшей частоте намагничивающего тока. Следовательно, с ростом частоты глубина проникновения переменного магнитного поля уменьшается, что вызывает соответствующее снижение среднего значения индукции в образце.

На рис. 3.16 приведены зависимости $F_{р} = f(Z)$ для двух значений частоты магнитного поля. Зависимость $F_{р2} = f(Z)$ соответствует большей частоте магнитного поля, чем у $F_{р1} = f(Z)$.

### *3.9.3. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле*

Потери мощности на перемагничивание в переменном магнитном поле больше, чем в квазипостоянном поле. Это связано с тем, что в переменном магнитном поле помимо потерь на гистерезис существуют также потери от вихревых токов и добавочные потери.

Потери мощности на перемагничивание определяются следующим образом:

$$P = P_r + P_{вт} + P_g, \tag{3.14}$$

где потери мощности на гистерезис:

$$P_r = \vartheta \cdot f \cdot B_{max}^n \cdot V, \tag{3.15}$$

то же от вихревых токов:

$$P_{вт} = \xi \cdot f^2 \cdot B_{max}^2 \cdot V, \tag{3.16}$$

где $\vartheta$ – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика; $\xi$ – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика, толщины листа и формы образца; $V$ – объем ферромагнитного образца; $P_g$ – добавочные потери; $n$ – коэффициент, значение которого определяется величиной индукции в ферромагнетике.

Коэффициент $n$ принимает следующие значения:

$n = 1$ при $B_{max} \le 0{,}1$ Тл;

$n = 1{,}6$ при $B_{max} \approx 0{,}1 – 1{,}0$ Тл;

$n = 2 – 3$ при $B_{max} > 1{,}0$ Тл.

Природа добавочных потерь полностью не выяснена. Эти потери связаны со структурой строения ферромагнетика, формой и размерами зерен вещества. При практических расчетах потерь их значение принимается примерно равным (0,2 – 0,3) от суммы потерь на гистерезис и вихревые токи:

$$P_g = (0{,}2 – 0{,}3) \cdot (P_r + P_{вт}).$$

### *3.9.4. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле*

Определение свойств ферромагнитных материалов может производиться двумя методами. Первый из них заключается в следующем. Изменяется частота магнитного поля, а индукция, создаваемая в образце, поддерживается неизменной ( $f = V_{ar}$, $B_m = \text{const}$ ). При втором методе с изменением частоты поля поддерживается неизменной напряженность магнитного поля ( $f = V_{ar}$, $H_m = \text{const}$ ).

С увеличением частоты переменного магнитного поля, при условии постоянства амплитуды магнитной индукции, в образце $B_m = \text{const}$, форма динамической петли приближается к эллипсу, вытянутому по оси $H$ (рис. 3.17).

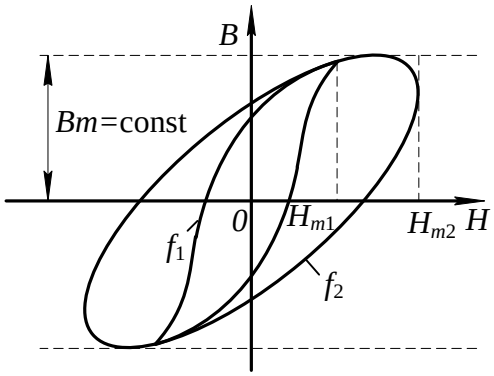



Рис. 3.17. Семейство динамических петель намагничивания

Площадь динамической петли с ростом частоты увеличивается пропорционально потерям мощности на перемагничивание.

Определив значения относительной магнитной проницаемости в вершинах семейства динамических петель намагничивания и потери на перемагничивание, можно построить зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$. Эти зависимости приведены на рис. 3.18.

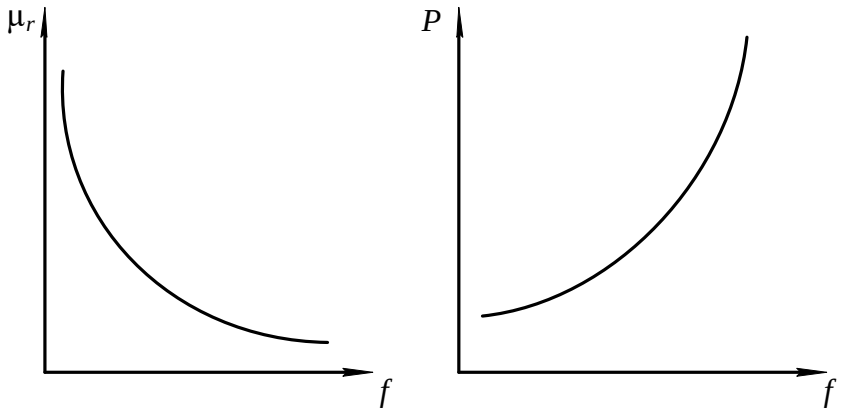



Рис. 3.18. Зависимости $\mu_r = F(f)$

Из рис. 3.18 видно, что с ростом частоты относительная магнитная проницаемость уменьшается. Это явление можно объяснить следующим. С

возрастанием частоты переменного магнитного поля уменьшается среднее значение индукции в образце за счет усиления эффекта вытеснения магнитного поля.

Для того чтобы компенсировать уменьшение индукции, необходимо увеличивать напряженность намагничивающего поля. А так как

$$\mu_r = \frac{B_m}{H_m \cdot \mu_0},$$

то относительная магнитная проницаемость $\mu_r$ уменьшается с ростом частоты из-за увеличения амплитуды напряженности поля $H_m$.

При неизменной магнитной индукции характер изменения потерь мощности на перемагничивание определяется зависимостью этих потерь от вихревых токов. А так как потери мощности пропорциональны квадрату частоты переменного поля, то и зависимость этих потерь в ферромагнетике имеет квадратичный характер от изменения частоты (см. рис. 3.18).

Если увеличивать частоту переменного магнитного поля, поддерживая постоянной его напряженность, то форма динамической петли приближается к эллипсу, а амплитуда магнитной индукции уменьшается (рис. 3.19).

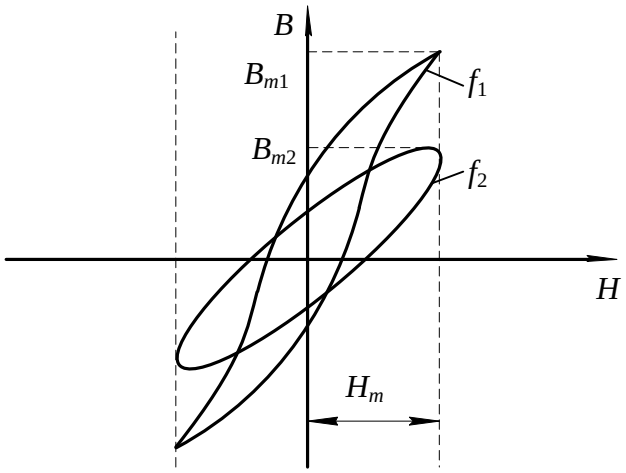



Рис. 3.19. Семейство динамических петель намагничивания при $H_m = \text{const}$

Определив по семейству динамических петель намагничивания значения магнитной проницаемости $\mu_r$ и потери мощности на перемагничивание, строим зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$ (рис. 3.20).

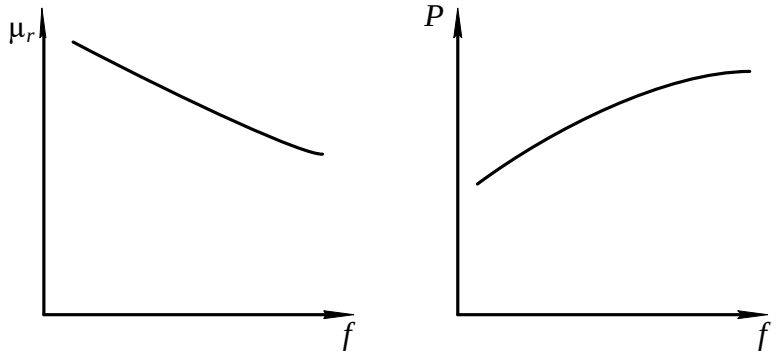



Рис. 3.20. Зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$

С ростом частоты относительная магнитная проницаемость ферромагнетика уменьшается, но в меньших пределах, по сравнению с пределом изменения ее при $B_m = \text{const}$ в одном и том же интервале изменения частоты. Это объясняется тем, что с ростом частоты уменьшается амплитуда магнитной индукции ферромагнетика из-за усиления эффекта вытеснения. Электродвижущая сила, наводимая в элементарном контуре $E_{\text{вт}}$, зависит от индукции $B_m$ и частоты $f$ магнитного поля:

$$E_{\text{вт}} \approx S \cdot B_m \cdot f \ ,$$

где $S$ – поперечное сечение образца.

Из приведенного уравнения видно, что электродвижущая сила вихревого тока при неизменной напряженности поля возрастает с увеличением частоты медленнее, чем при постоянной амплитуде магнитной индукции, так как рост ЭДС за счет частоты частично компенсируется ее уменьшением из-за снижения магнитной индукции. Медленное возрастание электродвижущей силы, а следовательно, и вихревого тока, протекающего по элементарному контуру, приводит к тому, что эффект вытеснения при неизменной амплитуде напряженности выражен менее ярко, чем при $B_m = \text{const}$.

Поэтому относительная магнитная проницаемость изменяется в меньшем диапазоне по сравнению со случаем, когда магнитная индукция поддерживалась неизменно.

Анализ уравнений (3.15, 3.16) показывает, что потери на гистерезис и вихревые токи возрастают незначительно с повышением частоты, так как их рост с повышением частоты частично компенсируется за счет уменьшения магнитной индукции в образце. Таким образом, потери на перемагничивание ферромагнетика в целом медленно увеличиваются с ростом частоты магнитного поля.

## 3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа

## Общие сведения

В связи с тем, что невозможно с достаточной степенью точности рассчитать характеристики магнитных материалов при намагничивании в переменном поле, широко используются экспериментальные методы их определения.

В настоящее время разработаны и используются на практике различные методы испытаний ферромагнитных материалов в переменном магнитном поле.

Основными из них являются:

- индукционный с использованием амперметра и вольтметра;
- индукционный с использованием фазочувствительного вольтметра (феррометр);
- индукционный с использованием осциллографического способа измерения (феррограф);
- индукционный с использованием компенсатора переменного тока;
- параметрический (мостовой).

При испытаниях индукционными методами измеряются ЭДС, индуктируемые в измерительных обмотках, и токи, протекающие по намагничивающим обмоткам, намотанным на образцах исследуемого магнитного материала.

Измерение ЭДС, пропорциональной магнитной индукции и намагничивающего тока, пропорционально магнитодвижущей силе намагничивающей обмотки, осуществляется с помощью либо показывающих приборов (амперметров и вольтметров) либо электронных осциллографов либо компенсаторов переменного тока.

Наиболее простым из индукционных методов является метод с использованием амперметра и вольтметра для определения магнитной проницаемости и потерь в образцах, основной динамической кривой намагничивания и динамических петель намагничивания. Недостатком этого метода является погрешность при перемагничивании материала до индукции свыше 1,2 Тл из-за отклонения формы кривой индукции от синуссидальной.

Наиболее точным из индукционных методов испытания магнитных материалов является компенсационный, основанный на измерении напряжений, пропорциональных индукций и напряженности магнитного поля с помощью компенсаторов переменного напряжения. С помощью этого метода определяется зависимости индукции от напряженности поля, потери на перемагничивание и т. д. Достоинствами способа являются полнота информации, высокая точность измерения, широкий диапазон измерения измеряемых величин. Недостатки заключаются в большой длительности процесса измерения, сложности и высокой стоимости аппаратуры.

Параметрический (мостовой) метод испытаний магнитных материалов, обеспечивающий высокую точность измерения в широком частотном диапазоне, заключается в определении индуктивности и сопротивления катушки с испытуемым образцом путем уравновешивания мостовой схемы изменением двух переменных параметров. Метод позволяет исследовать зависимости максимальной индукции от максимального значения напряженности поля, определять магнитную проницаемость, потери на перемагничивание и составляющие комплексного магнитного сопротивления. В основном мостовой метод предназначен для определения характеристик в слабых полях, когда индукция в образце не превышает 80 % от индукции насыщения исследуемого материала.

Достоинствами данного метода являются высокая точность измерения, возможность определения практически всех характеристик, широкий частотный диапазон испытаний.

Наиболее удобным и наглядным методом исследования динамических характеристик магнитных материалов является индукционный с использованием осциллографа, суть которого заключается в измерении электрических напряжений, пропорциональных магнитной индукции и напряженности поля, с помощью электронно-лучевого осциллографа. Этот метод используется для измерения показателей и визуального наблюдения основной динамической кривой намагничивания, семейств динамических петель намагничивания, определения потерь на перемагничивание, дифференциальной магнитной проницаемости, абсолютной и относительной магнитных проницаемостей в диапазоне частот магнитного поля от 20 Гц до нескольких десятков кГц.

Основной недостаток этого метода заключается в сравнительно высокой погрешности используемого средства регистрации, составляющей несколько процентов.

Вышеперечисленные достоинства осциллографического метода измерения, обусловили его использование для исследования свойств магнитных материалов в лабораторной работе.

Рассмотрим более подробно суть этого метода.

Принципиальная электрическая схема установки для исследования магнитных материалов индукционным методом с использованием электронно-лучевого осциллографа приведена на рис. 3.21.

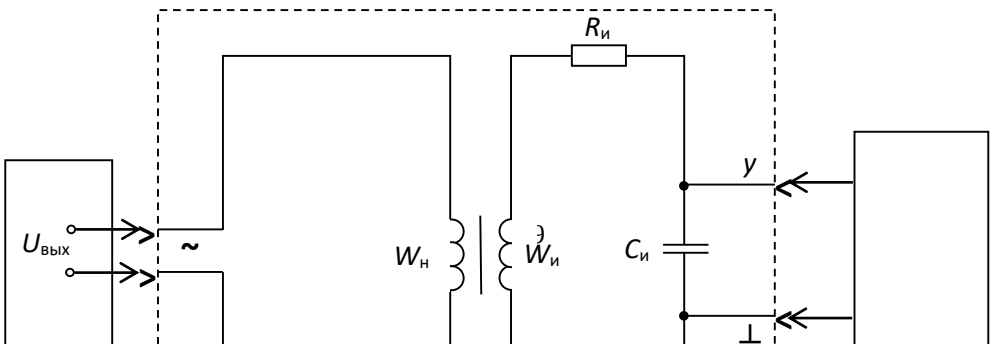


Рис. 3.21. Принципиальная электрическая схема установки:
*1 – звуковой генератор; 2 – исследуемый образец; 3 - электронно-лучевой осциллограф*

Для обеспечения необходимой точности измерений лучше всего применять образцы, в которых исключено влияние воздушных зазоров и рассеяния магнитного тока и в которых напряженность поля во всех точках образца практически одна и та же.

Чтобы выполнить данные требования, используются кольцевые (тороидальные) образцы и образцы в виде стержней с различным отношением длины к поперечному сечению.

Кольцевые образцы, намагничиваемые по замкнутому контуру, наиболее широко применяются для испытания магнитных материалов с максимальной напряженностью магнитного поля до 50 кА/м. Площадь сечения образца должна быть постоянной по всей длине. Разность между наибольшей и наименьшей площадями сечения допускается не более 1 %. Кольцевые образцы листовых и ленточных материалов изготавливают сборкой из штампованных и точеных колец или спиральной навивкой. Ферритовые образцы изготавливаются прессованием.

Внешний диаметр образца не должен превышать внутренний более чем в 1,3 раза. Это объясняется тем, что в кольцевых образцах с большим отношением внешнего диаметра к внутреннему наблюдается сильная неравномерность намагничивания, приводящая к значительным погрешностям при исследовании.

В работе исследуются образцы из различных магнитных материалов тороидальной формы, на каждом из которых намотано по две обмотки: намагничивающая $W_н$ и измерительная $W_и$.

Последовательно с намагничивающей обмоткой включено активное сопротивление $R_о$, а к зажимам измерительной обмотки подключена

интегрирующая цепь, состоящая из пассивных элементов: активного сопротивления $R_и$ и конденсатора емкостью $C_и$.

При подаче на зажим «~» выходного напряжения звукового генератора $U_{вых}$ по намагничивающей обмотке образца начнет протекать намагничивающий ток $i_н$, который создает магнитодвижущую силу, вызывающую появление в образце магнитного поля.

Мгновенное значение магнитодвижущей силы $F_t$ связано с мгновенным значением напряженности поля в любой точке образца $H_t$ следующим соотношением:

$$F_t = i_н \cdot W_н = 2\pi \cdot r_{ср} \cdot H_t, \qquad (3.17)$$

где $i_н$ – мгновенное значение намагничивающего тока; $r_{ср}$ – средний радиус кольцевого образца, равный

$$r_{ср} = \frac{r_{вш} + r_{вн}}{2},$$

где $r_{вш}$ – внешний радиус сердечника образца; $r_{вш}$ – внутренний радиус сердечника образца.

Из уравнения (3.17) выразим $H_t$ через намагничивающий ток. Получим:

$$H_t = \frac{i_н \cdot W_н}{2\pi \cdot r_{ср}}. \qquad (3.18)$$

Из выражения (3.18) видно, что мгновенное значение напряженности магнитного поля в любой точке образца прямопропорционально намагничивающему току $i_н$.

Таким образом, измерив значение намагничивающего тока и зная число витков намагничивающей обмотки и средний радиус образца, можно определить по уравнению (3.18) мгновенное значение напряженности магнитного поля.

Преобразовав выражение (3.18), получим уравнение для амплитудных значений напряженности поля и намагничивающего тока.

$$H_m = \frac{I_{mн} \cdot W_н}{2\pi \cdot r_{ср}}. \qquad (3.19)$$

Учитывая, что отклонение луча в электронно-лучевом осциллографе пропорционально значению напряжения, подаваемого на вход усилителя, возникает необходимость преобразования намагничивающего тока в напряжение. Это осуществляется последовательным включением с намагничивающей обмоткой эталонного активного сопротивления $R_о$ (рис. 3.21). При протекании тока $i_н$ по сопротивлению $R_о$, на последнем создается падение напряжения

$$U_x = R_о \cdot i_н.$$

Амплитудное значение этого напряжения

$$U_{mx} = R_{\text{о}} \cdot I_{\text{н}}. \qquad (3.20)$$

Подставив в уравнение (3.19) вместо тока $I_{m\text{н}}$ его выражение из (3.20), получим

$$H_m = \frac{W_{\text{н}}}{2\pi \cdot r_{\text{ср}} \cdot R_{\text{о}}} \cdot U_{mx}. \qquad (3.21)$$

Из уравнения (3.21) видно, что если на вход «*x*» падать напряжение $U_{mx}$ с сопротивления $R_{\text{о}}$, то отклонение луча осциллографа по горизонтальной оси прямопропорционально напряженности магнитного поля в образце.

Магнитодвижущая сила тока $i_{\text{н}}$ создает в сердечнике образца магнитный поток, который наводит в измерительной наводке ЭДС

$$e = -W_{\text{и}} \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} = -W_{\text{и}} \cdot S \cdot \frac{dB_t}{dt}. \qquad (3.22)$$

где $W_{\text{и}}$ – число витков измерительной обмотки; $\Phi_t$ – мгновенное значение магнитного потока в сердечнике образца; $S$ – площадь поперечного сечения сердечника образца; $B_t$ – мгновенное значениемагнитной индукциив сердечнике образца.

Чтобы получить на экране осциллографа динамическую петлю намагничивания надо на вход «*y*» электронно-лучевого осциллографа подать напряжение, которое должно быть пропорционально магнитной индукции, создаваемой в образце. С этой целью измерительная обмотка образца подсоединяется по входу интегрирующей цепи с пассивными элементами $R_{\text{и}}$ и $C_{\text{и}}$ (рис. 3.21).

Тогда мгновенное значение тока, протекающего по интегрирующей цепи, определяется

$$i = \frac{e}{Z_{\text{и}}}. \qquad (3.23)$$

Если выполнить условие $R_{\text{и}} >> x_{C_{\text{и}}}$, то можно считать, что ток в интегрирующей цепи является практически активным ($i$=$i_a$). Тогда напряжение на входе интегратора будет равно интегралу от ЭДС, наводимой в измерительной обмотке

$$U_{\text{вых}} = \frac{1}{C_{\text{и}}} \int_0^t i \cdot dt = \frac{1}{C_{\text{и}}} \int_0^t \frac{e}{R_{\text{и}}} \cdot dt \approx -\frac{W_{\text{и}} \cdot S}{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}} \cdot B_t. \qquad (3.24)$$

Решив уравнение (3.24) относительно величины $B_t$ получим

$$B_t = \frac{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}}{W_{\text{и}} \cdot S} \cdot U_{\text{вых}}, \qquad (3.25)$$

где $R_и$ – активное сопротивление интегрирующей цепи; $C_и$ – емкость конденсатора этой цепи.

Из уравнения (3.25) видно, что индукция в образце пропорциональна выходному напряжению интегрирующей цепи.

Переходя к амплитудным значениям индукции и выходного напряжения интегрирующей цепи, получим

$$B_m = \frac{R_и \cdot C_и}{W_и \cdot S} \cdot U_{m\text{вых}}, \qquad (3.26)$$

Подав напряжение с выхода интегратора $U_{m\text{вых}}$ на вход «*y*» и напряжение с сопротивления $R_o$ на вход «*x*» осциллографа, на экране последнего получим динамическую петлю намагничивания.

Чтобы реакция измерительной цепи не влияла на форму динамической петли, желательно, чтобы магнитодвижущая сила тока измерительной обмотки была значительно меньше, чем магнитодвижущая сила тока намагниченной обмотки, т. е.

$$\frac{R_и \cdot C_и}{W_и \cdot S} \geq 0{,}001.$$

Для получения неискаженной формы динамической петли постоянная времени интегратора должна удовлетворять следующему требованию:

$$\tau_и = R_и \cdot C_и \geq (60 \div 100) \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f_{\min}}, \qquad (3.27)$$

где $f_{\min}$ – наименьшая частота переменного магнитного поля.

По активному сопротивлению $R_и$ и емкости конденсатора $C_и$, рассчитывается постоянная времени интегрирующей цепи $\tau_и$ по уравнению

$$\tau_и = R_и \cdot C_и. \qquad (3.28)$$

Затем определяется наименьшая частота магнитного поля, при которой выходное напряжение интегратора пропорционально магнитной индукции в образце:

$$f_{\min} = \frac{60}{2\pi \cdot \tau_и}. \qquad (3.29)$$

При частоте магнитного поля $f<f_{\min}$ исследовать образец нельзя из-за больших искажений формы динамической петли намагничивания, вызываемых интегрирующей цепью образца.

## 3.11. Объект исследования

Образцы ферромагнитных материалов тороидальной формы с двумя обмотками: намагничивающей и измерительной. Параметры образцов и

обмоток приведены в таблицах, расположенных на корпусах образцов. Параметры образцов и обмоток записываются в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Данные исследуемого образца**

| Номер образца | | | Данные схемы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Число витков | | | Интегратор | | | |
| средний радиус, $r_{ср}$, м | поперечное сечение, S, м2 | плотность, γ, кг/м3 | намагничивающей обмотки, $W_н$ | измерительной обмотки, $W_и$ | образцовое сопротивление, $R_о$, Ом | активное сопротивление, $R_и$, Ом | емкость, Си, Ф | постоянная времени, $\tau_и$, С | наименьшая частота, $f_{min}$, Гц |
| | | | | | | | | | |

## 3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования

Осциллограф универсальный типа СI-73.

Звуковой генератор с регулируемым напряжением и частотой.

## 3.13. Подготовка осциллографа к работе

Перед включением осциллографа установить органы управления на передней панели в следующие положения:

- ручку «яркость» – в крайнее левое;
- ручку «фокус» – в среднее;
- переключатель «V/дел» – 0,01;
- ручку «усиление» - крайнее правое;
- ручку «↕» – в среднее;
- переключатель «~⊥≂» в «≂»;
- ручку «уровень» – в крайнее правое»
- ручку «↔» – в среднее.

Далее установить тумблер «развert. X» на правой боковой панели в положение «⊖ X». Подключить осциллограф кабелем питания к сети 220 В и включить тумблер «питание» на передней панели осциллографа. При этом должна загореться сигнальная лампочка. В течение 2-3 минут прогреть

осциллограф. Пока осциллограф прогревается, необходимо нанести координатную сетку осциллографа на листки кальки. После прогрева осциллографа установите ручкой «яркость» удобную яркость точки. Рукояткой «↕» установите точку на горизонтальную ось экрана осциллографа. Рукояткой «↔» установите точку точно по центру экрана.

В результате выполнения вышеперечисленных операций осциллограф подготовлен к выполнению экспериментальной части лабораторной работы.

## 3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля

Для определения амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля образца по динамическим петлям необходимо определить чувствительность осциллографа по входам «*x*» и «*y*». Если при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, то чувствительность осциллографа по оси «*y*» определяется по числу, против которого находилась риска переключателя «*V*/дел», если осциллограф был правильно откалиброван. Для проверки правильности калибровки необходимо переключатель «*V*/дел» установить в положение «5 дел». При правильной калибровке на экране осциллографа появятся две горизонтальные линии или две точки, смещенные на 5 клеток (делений) относительно друг друга.

***Пример:*** при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, а переключатель «*V*/дел» – против числа 0,02. При переключении переключателя «*V*/дел» в положение «5 дел» на экране появились две горизонтальные линии на расстоянии 5 клеток друг от друга.

В этом случае масштаб осциллографа по входу «н» составляет

$$m_{\text{в}} = 0{,}02 \ \text{В/дел.}$$

Масштаб $m_{\text{в}}$ необходимо записать в табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля**

| Измерено | | | | Вычислено | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n_{\text{в}}$ | $m'_{\text{в}}$ | $n_r$ | $U_r$ | $m_{\text{в}}$ | $m_r$ | $M_{\text{в}}$ | $M_{\text{н}}$ |
| дел. | В/дел. | дел. | В | В/дел. | В/дел. | Т\мм | А/м/мм |
| | | | | | | | |

Если ручка «усиление» находилась в положении, отличном от крайнего правого, то расчет масштаба осуществляется следующим образом. Сохраняя ручку «усиление» в том же положении, что и при зарисовке динамических петель намагничивания, переключатель «*V*/дел» установить в положение «5 дел». Измерить расстояние по вертикальной оси между двумя горизонтальными линиями или точками $n_в$ и записать в таблицу 3.3. Тогда чувствительность осциллографа по оси «*y*» может быть рассчитана следующим образом:

$$m_в = \frac{m'_в}{n_в} \cdot 5, \tag{3.30}$$

где $m'_в$ – чувствительность осциллографа, определенная числом напротив переключателя «*V*/дел» в рабочем положении; $n_в$ – расстояние между горизонтальными линиями в дел.

Результат расчета записывается в табл. 3.3.

При калибровке усилителя сигнала на оси «*x*» необходимо соединить гнездо «⊖ X», расположенное на правой боковой панели. С гнездом « ⊖⎍1V», расположенным на левой боковой панели. Определить расстояние между двумя вертикальными линиями $n_r$ и записать в табл. 3.3. Напряжение, подаваемое на вход усилителя *x*, равно 1 В. Тогда чувствительность осциллографа по горизонтальной оси (оси «*x*») рассчитывается по уравнению

$$m_r = \frac{U_r}{n_r}. \tag{3.31}$$

Рассчитанное значение $m_r$ записывается в табл. 3.3.

По определенным масштабам $m_в$ и $m_н$ рассчитываются масштабы по индукции и напряженности магнитного поля $M_в$ и $M_н$ по уравнениям

$$M_в = \frac{m_в \cdot R_и \cdot C_и}{6 \cdot W_и \cdot S}; \tag{3.32}$$

$$M_н = \frac{m_r \cdot W_н}{6 \cdot R_о \cdot 2\pi \cdot r_{ср}}, \tag{3.33}$$

где $r_{ср}$ – средний радиус сердечника, м; $R_о$ – образцовое сопротивление в цепи намагничивающей обмотки; $W_н$ – число витков намагничивающей обмотки; $W_и$ – число витков измерительной обмотки; $R_и$ – сопротивление интегрирующей цепи, Ом; $C_и$ – емкость интегрирующей цепи, ф; $S$ – площадь поперечного сечения сердечника образца м$^2$.

Определенные масштабы $M_в$ и $M_н$ записываются в таблицу 3.3.

## 3.15. Подготовка звукового генератора к работе

Методика подготовки звукового генератора к работе, написана применительно к генератору Г3-53. При использовании генератора другого типа необходимо производить подготовку к работе согласно инструкции по эксплуатации или в соответствии с указанием преподавателя.

Перед включением звукового генератора необходимо установить органы управления на передней панели прибора в следующие положения:

- переключатель «поддиапазоны» – «Ок Hz»;
- рукоятку «частота Hz» – в положение при котором риска указателя частоты оказывается против цифры 0 на шкале частоты соответствующей поддиапазону 0 – 5 кГц;
- переключатель «пределы шкал, ослабление» – 3 в;
- рукоятка «регулировка выхода» – в положение, соответствующее значению выходного напряжения, равного нулю.

Затем следует подключить генератор кабелем питания к сети 220 В и включить переключатель «сеть». При этом должна загореться сигнальная лампа.

В течение 2 – 3 минут прогреть генератор. Если после прогрева вольтметр «напряжение выхода» покажет напряжение, отличное от нуля, необходимо плавным вращением рукоятки «уст. нуля» добиться нулевого показания вольтметра.

После выполнения вышеуказанных операций звуковой генератор подготовлен к работе.

## 3.16. Лабораторная работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное определение свойств и характеристик ферромагнитных материалов при воздействии на них магнитного поля постоянной частоты с изменяющейся по амплитуде напряженностью.

## 3.17. Рабочее задание

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания, начиная с предельной динамической петли до минимально различимой (6 – 7 петель.)

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштабы по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить удельные потери на перемагничивание.

Определить для каждой динамической петли значение магнитной проницаемости.

Рассчитать по предельной динамической петле дифференциальную магнитную проницаемость при различных значениях напряженности поля в диапазоне изменения ее от 0 до $H_m$ и обратно.

Построить зависимости $B_m=F(H_m)$, $\mu_r=(H_m)$, $\mu_{rg}=(H)$, $P=F(B_m)$.

Сделать выводы по работе.

## 3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания

### *3.18.1. Подготовка к проведению эксперимента*

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо получить у лаборанта комплект соединительных проводов, осциллограф, звуковой генератор и исследуемый образец по указанию преподавателя.

Данные образца записать в табл. 3.2.

По известным параметрам интегрирующей цепи образца рассчитайте наименьшую частоту магнитного поля $f_{\min}$ в соответствии с уравнением (3.29) и запишите ее в таблицу 3.2.

Соберите схему установки (рис. 3.21).

При сборке схемы, в соответствии с рис. 3.21, гнезда «вход *y*» и «⊥» исследуемого образца соединить с гнездом « ⊖ УІМ Ω 35*pF*» тракта вертикального отклонения луча осциллографа, а гнезда «вход *x*» и «⊥» образца с гнездом « ⊖X» осциллографа.

Произведите подготовку осциллографа к работе в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.13 данных методических указаний и звукового генератора (раздел 3.15).

### *3.18.2. Рекомендации по зарисовке семейства динамических петель намагничивания*

Увеличивая выходное напряжение генератора, получите на экране осциллографа предельную динамическую петлю намагничивания. Предельной динамической петлей является наибольшая по площади динамическая петля, у которой появляются «усы», свидетельствующие о начале насыщения. Наложив кальку с нанесенной координатной сеткой, зарисуйте предельную динамическую петлю намагничивания.

Уменьшая выходное напряжение звукового генератора, зарисуйте на кальку семейство 6 – 7 динамических петель от предельной до минимально различимой петли намагничивания.

### *3.18.3. Калибровка осциллографа*

Калибровка осциллографа осуществляется в соответствии с пунктом 3.14 данных методических указаний. При калибровке положение точки «усиление» должно быть таким же как и во время зарисовки динамических петель.

### *3.18.4. Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание*

По имеющимся на кальках изображениям определяются для каждой динамической петли намагничивания координаты вершин $H'_m$ и $B'_m$ в миллиметрах. Значения $H'_m$ и $B'_m$ записываются в табл. 3.4. Пример определения координат $H'_m$ и $B'_m$ приведен на рис. 3.22.

Таблица 3.4

**Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание**

| Номер опыта | Измерено | | | | Вычислено | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $f$ | $B'_m$ | $H'_m$ | $S_n$ | $B_m$ | $H_m$ | $\mu_r$ | $P$ |
| | Гц | мм | мм | мм$^2$ | Т | А/м | $10^3$ | Вт/кг |
| | | | | | | | | |

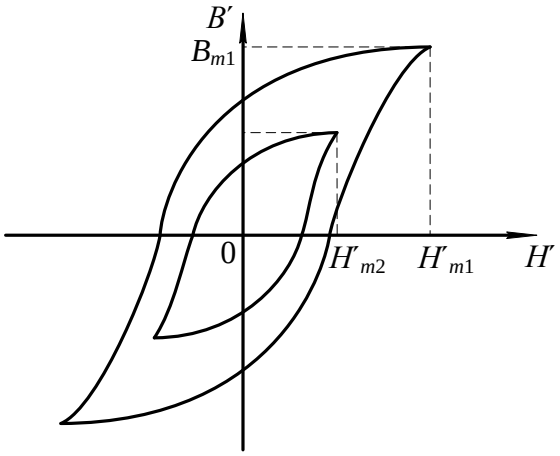



Рис. 3.22. Определение координат вершин динамических петель намагничивания

Амплитудные значения индукции и напряженности магнитного поля рассчитываются:

$$B_m = B'_m \cdot M_{\text{в}}. \tag{3.34}$$

$$H_m = H'_m \cdot M_{\text{н}}. \tag{3.35}$$

Для определения потерь на перемагничивание образца подсчитываются площади каждой из динамических петель намагничивания по клеткам миллиметровой бумаги, на которую накладывается калька с динамическими петлями намагничивания. Значения площадей записываются в табл. 3.4.

По найденным значениям $B_m$, $H_m$, $S_n$ вычисляются значения относительной магнитной проницаемости и потери на перемагничивание для каждой петли

$$\mu_r = \frac{B_m}{\mu_{\text{о}} \cdot H_m}; \tag{3.36}$$

$$P = \frac{S_n \cdot M_{\text{в}} \cdot M_{\text{н}}}{\gamma} \cdot f, \tag{3.37}$$

где $\mu_{\text{о}}=1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнитная постоянная вакуума; $f$ – частота намагничивающего потока, Гц; $\gamma$ – плотность сердечника образца, кг/м$^3$.

Результаты расчетов записываются в табл.3.4.

### *3.18.5. Определение дифференциальной магнитной проницаемости*

Определение дифференциальной магнитной проницаемости производится по предельной динамической петле намагничивания в следующем порядке. В интервале изменения $H'$ от 0 до $H'_m$ откладываются 6 – 7 значений $H'$ ($H'_0$, $H'_1$, $H'_2$ … $H'_m$) на одинаковом расстоянии друг от друга. Затем в окрестности каждого значения $H'$ задаются приращениями $\Delta H'$ так, чтобы эти значения Н′ находились посередине отрезка равного $\Delta H'$ (рис. 3.23).

Проведя из концов $\Delta H'$ линии, параллельные оси В до пересечения с восходящей и нисходящей ветвями предельной динамической петли намагничивания, определяем для каждого значения напряженности поля приращение индукции $\Delta B'_1$ и $\Delta B'_2$. $\Delta B'_1$ – приращение индукции, когда размагничивание осуществляется по нисходящей ветви при уменьшении напряженности поля от $H'_m$ до 0.

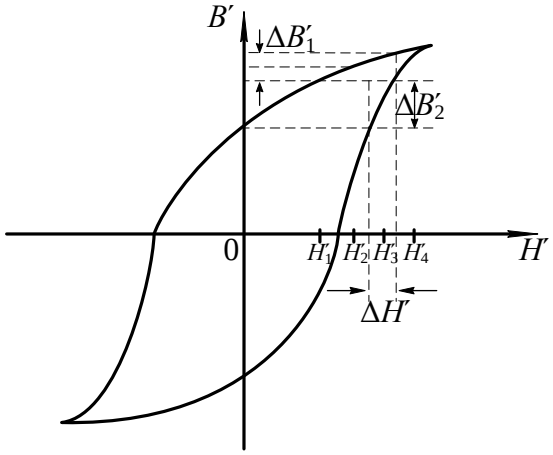



Рис. 3.23. К определению дифференциальной магнитной проницаемости

Значения напряженности $\Delta H'$, приращений $\Delta H'$, $\Delta B'_1$, $\Delta B'_2$ записываются в таблицу 3.5.

Таблица 3. 5

**Определение дифференциальной магнитной проницаемости**

| $H'$, мм | $\Delta H'$, мм | $\Delta B'_1$, мм | $\Delta B'_2$, мм | $H$, А/м | $\Delta H$, А/м | $\Delta B_1$, Тл | $\Delta B_2$, Тл | $\mu'_{rg}$ | $\mu''_{rg}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

Затем производится перерасчет значений напряженности $H'$ по уравнению (3.35), а $\Delta H'$, $\Delta B'_1$, $\Delta B'_2$ по нижеследующим формулам

$$\Delta H = \Delta H' \cdot M_{\text{н}}, \tag{3.38}$$

$$\Delta B_1 = \Delta B'_1 \cdot M_{\text{в}}, \tag{3.39}$$

$$\Delta B_2 = \Delta B'_2 \cdot M_{\text{в}}. \tag{3.40}$$

Значения дифференциальной магнитной проницаемости рассчитывается по формулам

$$\mu'_{rg} = \frac{\Delta B_1}{\mu_{\text{о}} \cdot \Delta H}, \tag{3.41}$$

$$\mu''_{rg} = \frac{\Delta B_2}{\mu_{\text{о}} \cdot \Delta H}. \tag{3.42}$$

При построении зависимости $\mu_{rg}=F\ (H)$ по оси абсцисс откладываются значения напряженности Н, а по оси ординат соответствующие им значения $\mu'_{rg}$ и $\mu''_{rg}$. В результате построения должен получится график, представленный на рис. 3.24.

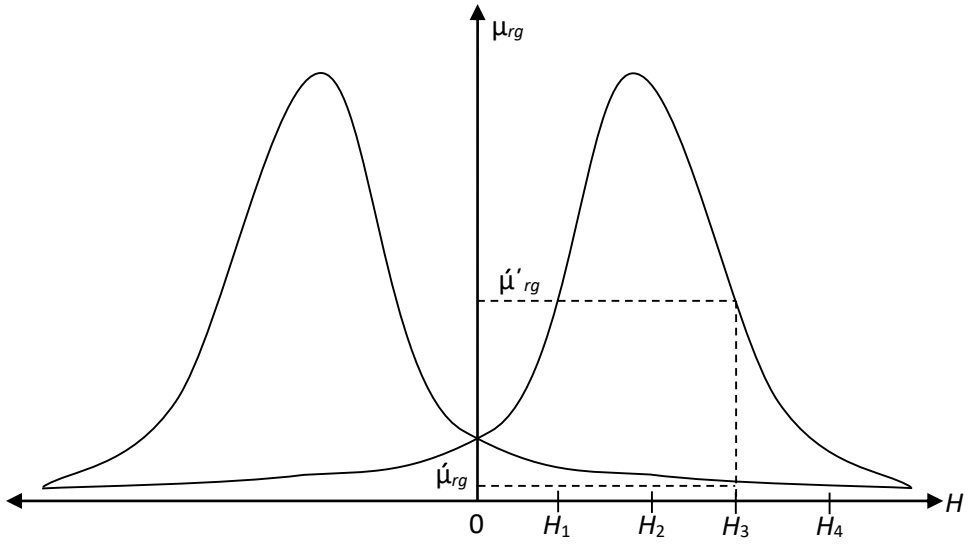



Рис. 3.25. Зависимость $\mu_{rg}=F\ (H)$

## 3.19. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен иметь следующее содержание:

**1.** Цель лабораторной работы.

**2.** Характеристика и основные параметры исследуемого образца.

**3.** Характеристики средства измерения и вспомогательных средств исследования.

**4.** Таблицы с записью результатов экспериментальных исследований и расчетов.

**5.** Основные расчетные формулы.

**6.** Зависимости магнитной индукции $B_m=F(H_m)$ и относительной магнитной проницаемости $\mu_r=F\ (H_m)$, дифференциальной магнитной проницаемости $\mu_{rg}=F\ (H)$ от напряженности магнитного поля.

**7.** Зависимость потерь на перемагничивание от индукции в образце $P=F(B_m)$.

Зависимости магнитной индукции $B_m=F(H_m)$ и относительной магнитной проницаемости $\mu_r=F\ (H_m)$ необходимо строить в одной системе координат, откладывая по оси абсцисс значения $H_m$, а по оси ординат значения $B_m$ и $\mu_r$, в выбранных для каждой из этих величин масштабах.

Отчет заканчивается выводами, в которых в краткой форме должны быть описаны характеры полученных экспериментально зависимостей и дано их теоретическое обоснование.

## 3.20. Вопросы для самоконтроля

1. Как зависит относительная магнитная проницаемость от напряженности магнитного поля?
2. Чем объяснить, что сначала магнитная проницаемость возрастает с ростом напряженности, а затем уменьшается при дальнейшем возрастании последней?
3. Как изменяется магнитная индукция в образце с ростом напряженности намагничивающего поля?
4. На чем основан принцип действия лабораторной установки?
5. Какими параметрами установки ограничивается наименьшая частота намагничивающего тока?
6. Определите наименьшую частоту магнитного поля, при которой можно исследовать образец.
7. Как зависят потери на перемагничивание от магнитной индукции, создаваемой в образце?
8. Какие причины обуславливают рост потерь на перемагничивание с ростом магнитной индукции?
9. Объясните, как осуществляется намагничивание ферромагнетиков на различных участках основной кривой намагничивания?
10. В какой точке основной кривой намагничивания относительная магнитная проницаемость максимальна?
11. Каким основным условиям должно удовлетворять вещество, являющееся ферромагнетиком?
12. Какой из видов элементарного движения электрических зарядов создает основной магнитный момент в атоме?
13. Какое явление называется магнитной анизотропией?
14. Какое явление называется магнитострикцией?
15. Почему ферромагнетик самопроизвольно делится на отдельные области, домены?
16. Какая область ферромагнетика называется доменом?
17. Как и где происходит изменение направления намагниченности между доменами?

## 3.21. Лабораторная работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное

определение свойств и характеристик магнитных материалов при воздействии на них магнитного поля переменной частоты.

## 3.22. Рабочее задание

Рассчитать для полученного образца постоянную времени интегрирующей цепочки $\tau_и$ и минимальную частоту магнитного поля, при которой его можно исследовать.

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной магнитную индукцию $B_m$=const.

Зарисовать семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной напряженность магнитного поля $H_m$=const.

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштаб по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания рассчитать амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить потери на перемагничивание образца.

Рассчитать для каждой динамической петли значение относительной магнитной проницаемости.

Построить зависимости $\mu_r=F(f)$, $P=F(f)$ для обоих семейств динамических петель намагничивания.

Сделать выводы по работе.

## 3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания

### *3.23.1. Подготовка к проведению эксперимента.*

Подготовка к проведению эксперимента осуществляется в соответствии с пунктом 3.18.1.

### *3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.*

Перед началом экспериментальных исследований выбирается диапазон частот магнитного поля в пределах от $f_{min}$ до $f_{max}$, который задается преподавателем.

Зарисовка динамических петель намагничивания при различных частотах магнитного поля с неизменной магнитной индукцией в образце $B_m$=const производится в следующем порядке. Необходимо установить на генераторе частоту $f=f_{max}$. Увеличивая выходное напряжение генератора добиться, чтобы динамическая петля намагничивания касалась двух горизонтальных линий, отстоящих друг от друга на расстоянии 5 клеток (рис. 3.26) и зарисовать на кальку.

Затем уменьшить частоту генератора на $\Delta f$. При этом амплитуда $B_m$ возрастает. Уменьшая выходное напряжение генератора, восстановить прежнее значение индукции $B_m$ в образце и снова зарисовать динамическую петлю намагничивания. В диапазоне изменения частоты генератора от $f_{max}$ до $f_{min}$ необходимо зарисовать шесть – семь петель, сохраняя индукцию в образце неизменной при каждой частоте.

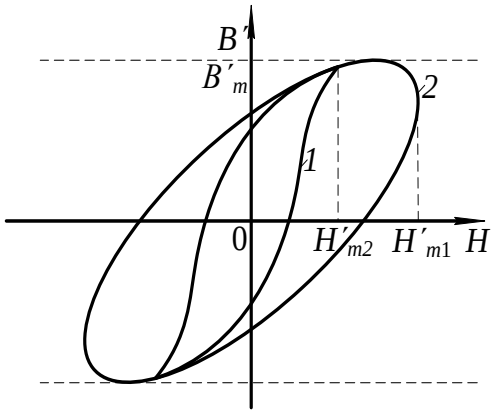



Рис. 3.26. Свойство динамических петель намагничивания с постоянной магнитной индукцией и различной частотой магнитного поля

Зарисовка семейства динамических петель намагничивания на различных частотах магнитного поля при постоянной напряженности магнитного поля в образце производится следующим образом. Частота звукового генератора устанавливается равной $f_{min}$. Увеличивая выходное напряжение генератора добиваются максимальной по размеру экрана магнитной индукции $B_m$. Через вершины петель паралельно оси $B_m$ проводятся две вертикальные линии на кальке. Затем увеличивают частоту генератора до следующего значения. При этом ширина динамической петли или $H_m$ уменьшится. Увеличивая выходное напряжение генератора, добиваются, чтобы динамическая петля касалась

линий, проведенных параллельно оси $B_m$ и зарисовывают петлю на кальку (см. рис. 3.27).

Изменяя частоту генератора в диапазоне от $f_{min}$ до $f_{max}$ зарисовывают 6 – 7 динамических петель намагничивания на различных частотах, сохраняя $H_m$=const по вышеприведенной методике.

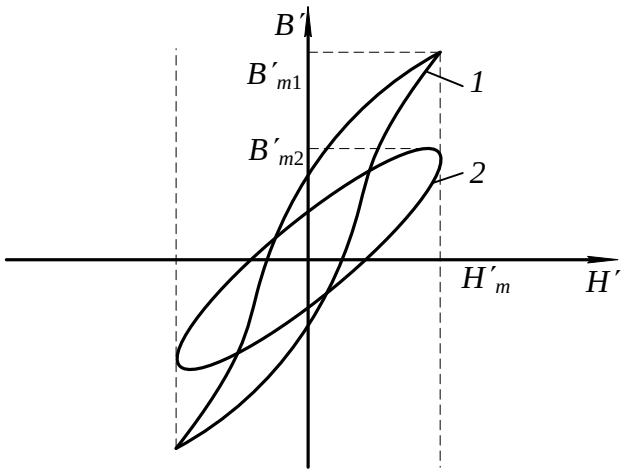



Рис. 3.27. Семейство динамических петель намагничивания при $H_m$=const

### *3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.*

Определение амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля потерь в сердечнике, значений относительной магнитной проницаемости для вершин каждой из зарисованных динамических петель намагничивания производится в соответствии с методикой, изложенной в пункте 3.18.4 данных методических указаний.

## 3.24. Содержание отчета

Содержание отчета по данной лабораторной работе должно отличаться от содержания отчета по лабораторной работе 1 (см. 3.19) полученными экспериментально зависимостями.

В этой работе определяются и строятся графики зависимостей $\mu_r=F(f)$, $P=F(f)$, когда $B_m$=const, и эти же зависимости, когда $H_m$=const. Необходимо строить зависимости $\mu_r=F(f)$ при $B_m$=const и $\mu_r=F(f)$ при $H_m$=const в одной системе координат откладывая по оси абсцисс значения $H_m$, а по оси ординат – значения $\mu_r$.

Аналогично, в одной системе координат строятся зависимости $P=F(f)$ для обоих режимов испытания образца.

## 3.25. Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается динамическая петля намагничивания от петли гистерезиса?
2. Какие виды потерь существуют при перемагничивании ферромагнетика в переменном магнитном поле?
3. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на гистерезис?
4. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на вихревые токи?
5. Объясните суть явления вытеснения магнитного поля.
6. К каким последствиям приводит явление вытеснения магнитного поля?
7. Почему с ростом частоты уменьшается индукция, если $B_m$=const?
8. Почему с ростом частоты уменьшается магнитная индукция, если $H_m$=const?
9. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при $B_m$=const?
10. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при $H_m$=const?
11. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты относительная магнитная проницаемость изменяется в больших пределах, когда, как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при $B_m$=const, а не при $H_m$=const?
12. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты потери на перемагничивание ферромагнетика изменяются в больших пределах при $B_m$=const, а не при $H_m$=const?

# Часть 4
# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ»

## 4.1. Требование к оформлению контрольной работы

Контрольная работа состоит из двадцати вариантов с нумерацией вариантов от 0 до 19.

Номер варианта задачи, решаемой студентов в контрольной работе, определяется суммой двух последних цифр шифра студента. Например, если номер шифра студента 4298, то номер варианта задачи – 17.

К оформлению контрольной работы предъявляются следующие требования:

1. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой должны быть указаны фамилия, имя, отчество студента, учебный шифр, наименование дисциплины и домашний адрес.

2. Условия задачи переписываются полностью, без сокращений.

3. Текстовая часть, формулы, числовые выкладки должны быть выполнены чернилами без помарок и исправлений.

4. Графическая часть работы выполняется в карандаше с помощью чертёжных инструментов.

5. Электрические схемы вычерчиваются с соблюдением установленных стандартом условных обозначений.

6. Ответы на вопросы должны быть аргументированы теоретически с использованием в необходимом объёме рисунков, графиков.

7. В конце работы необходимо привести список использованной при выполнении контрольной работы литературы.

8. После списка литературы необходимо проставить дату выполнения работы и подпись.

## 4.2. Задание на контрольную работу

Питание электротехнической установки осуществляется с помощью кабельной линии длиной $l$. Кабель со свинцовой оболочкой имеет две токопроводящие жилы радиусом $R$ (Рис.1). В качестве электрической изоляции жил друг от друга и жил от оболочки использована кабельная бумага. В пористой структуре диэлектрика имеются капилляры, заполненные воздухом. К жилам кабеля приложено переменное напряжение, действующее значение которого $U$, частотой $f$ . При расчёте считать, что электрическое поле внутри кабеля однородно.

Требуется определить:

1) ёмкость между жилами кабеля, $C_к$;
2) сопротивление изоляции между жилами кабеля, $Z_{из}$;
3) значение тока утечки между жилами кабеля, $I_у$;
4) диэлектрические потери в изоляции кабеля, $P$;
5) пробивное напряжение изоляции между жилами кабеля, $U_{пр}$;
6) ёмкость $C_{кп}$, сопротивление изоляции $Z_{изп}$ и ток утечки $I_{уп}$ диэлектрические потери $P_п$, пробивное напряжение $U_{прп}$ при условии, что оболочка кабеля заполнена газообразным либо жидким диэлектриком. При расчёте принять, что поры и капилляры полностью заполнены этим диэлектриком;
7) после расчёта составить таблицу сравнительных данных кабелей без пропитки и с пропиткой и произвести анализ влияния пропитки изоляции кабеля на его электрические свойства;
8) определить соответствие изоляционных свойств электрической изоляции кабеля требованиям правил установки электропотребителей (ПУЭ);

Геометрические размеры кабеля и электрические параметры диэлектриков, использованных в качестве изоляции, приведены в таблице 4.1.

## Вопросы к контрольной работе

1. Дайте расшифровку цифр, используемых в обозначениях марок электрических сталей.
2. На основной кривой намагничивания укажите участки, на которых намагничивание осуществляется за счёт роста доменов. В чём отличие процессов намагничивания на этих участках?
3. Как влияют на магнитные свойства материалов вихревые токи. В каких магнитных полях возникают эти токи?

Таблица 4.1

## Исходные данные для решения контрольной работы

| Номер варианта | Длинна линии $l$ | Радиус жилы, $R$ | Расстояние между жилами, $S$ | Рабочее напряжение, $U$ | Частота, $f$ | Плотность | | Относительная диэлектрическая проницаемость | | | Тангенс угла диэлектрических потерь | | | Электрическая прочность | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Целлюлозы, $D_1$ | Бумаги, $D$ | Целлюлозы, $\varepsilon_{21}$ | Воздуха, $\varepsilon_{22}$ | Пропитки, $\varepsilon_{23}$ | Целлюлозы, $tg\delta_1$ | Воздуха, $tg\delta_2$ | Пропитки, $tg\delta_3$ | Целлюлозы, $E_{пр1}$ | Воздуха, $E_{пр2}$ | Пропитки, $E_{пр3}$ |
| | м | мм | мм | В | Гц | кг/м$^3$ | кг/м$^3$ | | | | $10^{-4}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | кВ/мм | кВ/мм | кВ/мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 0 | 120 | 1,38 | 7,5 | 220 | 50 | 1550 | 780 | 6,6 | 1,00059 | 2,1 | 65,0 | 4,0 | 3,0 | 15,0 | 3,2 | 20,0 |
| 1 | 50 | 1,78 | 8,3 | 380 | 50 | 1550 | 850 | 6,6 | 1,00059 | 2,7 | 65,0 | 4,0 | 10,0 | 15,0 | 3,2 | 60,0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1000 | 2,25 | 12,24 | 2200 | 50 | 1550 | 1100 | 6,6 | 1,00059 | 4,5 | 65,0 | 4,0 | 25,0 | 15,0 | 3,2 | 50,0 |
| 3 | 800 | 2,82 | 13,58 | 1100 | 50 | 1550 | 1090 | 6,6 | 1,00059 | 4,1 | 65,0 | 4,0 | 15,0 | 15,0 | 3,2 | 55,0 |
| 4 | 150 | 3,34 | 17,92 | 6600 | 50 | 1550 | 780 | 6,6 | 1,00059 | 2,8 | 65,0 | 4,0 | 0,2 | 15,0 | 3,2 | 43,0 |
| 5 | 1500 | 3,99 | 19,42 | 3300 | 50 | 1550 | 770 | 6,6 | 1,00059 | 5,2 | 65,0 | 4,0 | 30,0 | 15,0 | 3,2 | 35,0 |
| 6 | 3000 | 4,72 | 14,18 | 6600 | 50 | 1550 | 900 | 6,6 | 1,00059 | 4,8 | 65,0 | 4,0 | 5,0 | 15,0 | 3,2 | 20,0 |

Окончание табл. 4.1

| Номер варианта | Длинна линии $l$ | Радиус жилы, $R$ | Расстояние между жилами, $S$ | Рабочее напряжение, $U$ | Частота, $f$ | Плотность | | Относительная диэлектрическая проницаемость | | | Тангенс угла диэлектрических потерь | | | Электрическая прочность | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Целлюлозы, $D_1$ | Бумаги, $D$ | Целлюлозы, $\varepsilon_{21}$ | Воздуха, $\varepsilon_{22}$ | Пропитки, $\varepsilon_{23}$ | Целлюлозы, $tg\delta_1$ | Воздуха, $tg\delta_2$ | Пропитки, $tg\delta_3$ | Целлюлозы, $E_{пр1}$ | Воздуха, $E_{пр2}$ | Пропитки, $E_{пр3}$ |
| | м | мм | мм | В | Гц | кг/м$^3$ | кг/м$^3$ | | | | $10^{-4}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | кВ/мм | кВ/мм | кВ/мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 7 | 500 | 5,5 | 15,74 | 380 | 50 | 1550 | 970 | 6,6 | 1,00059 | 2,4 | 65,0 | 4,0 | 3,0 | 15,0 | 3,2 | 18,0 |
| 8 | 250 | 6,18 | 19,5 | 2200 | 50 | 1550 | 800 | 6,6 | 1,00059 | 1,01 | 65,0 | 4,0 | 4,0 | 15,0 | 3,2 | 20,0 |
| 9 | 2000 | 6,91 | 20,76 | 1100 | 50 | 1550 | 1100 | 6,6 | 1,00059 | 3,8 | 65,0 | 4,0 | 0,2 | 15,0 | 3,2 | 45,0 |
| 10 | 200 | 7,68 | 24,8 | 3300 | 50 | 1550 | 1100 | 6,6 | 1,00059 | 2,1 | 65,0 | 4,0 | 3,0 | 15,0 | 3,2 | 20,0 |
| 11 | 4000 | 8,74 | 27,3 | 6600 | 50 | 1550 | 850 | 6,6 | 1,00059 | 2,3 | 65,0 | 4,0 | 1,0 | 15,0 | 3,2 | 18,0 |
| 12 | 3500 | 1,38 | 11,2 | 1100 | 50 | 1550 | 780 | 6,6 | 1,00059 | 5,0 | 65,0 | 4,0 | 20,0 | 15,0 | 3,2 | 42,0 |
| 13 | 1600 | 1,78 | 11,2 | 2200 | 50 | 1550 | 900 | 6,6 | 1,00059 | 4,4 | 65,0 | 4,0 | 5,0 | 15,0 | 3,2 | 45,0 |
| 14 | 600 | 7,68 | 20,1 | 220 | 50 | 1550 | 770 | 6,6 | 1,00059 | 2,8 | 65,0 | 4,0 | 0,2 | 15,0 | 3,2 | 24,0 |
| 15 | 800 | 8,74 | 22,2 | 660 | 50 | 1550 | 970 | 6,6 | 1,00059 | 4,8 | 65,0 | 4,0 | 8,0 | 15,0 | 3,2 | 25,0 |
| 16 | 300 | 2,25 | 16,14 | 3300 | 50 | 1550 | 1090 | 6,6 | 1,00059 | 2,7 | 65,0 | 4,0 | 10,0 | 15,0 | 3,2 | 25,0 |
| 17 | 1400 | 3,34 | 17,92 | 6600 | 50 | 1550 | 780 | 6,6 | 1,00059 | 1,019 | 65,0 | 4,0 | 0,2 | 15,0 | 3,2 | 50,0 |
| 18 | 700 | 6,18 | 17,1 | 660 | 50 | 1550 | 780 | 6,6 | 1,00059 | 3,8 | 65,0 | 4,0 | 20,0 | 15,0 | 3,2 | 32,0 |

## 4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы

Кабельная бумага представляет собой механическую смесь целлюлозы и воздуха с неодинаковой относительной диэлектрической проницаемостью. Определение относительной диэлектрической проницаемости такого диэлектрика производится в соответствии с уравнением Лихтенеккера для последовательного расположения компонентов. В связи с тем, что при использовании этого уравнения необходимо знать объёмные концентрации компонентов, расчёт

следует начать с определения последних по заданным значениям плотности целлюлозы и кабельной бумаги в соответствии с уравнениями

$$\theta_1 = \frac{D}{D_1}\ ; \tag{4.1}$$

$$\theta_2 = 1 - \frac{D}{D_1}, \tag{4.2}$$

где $\theta_1$ – объёмная концентрация целлюлозы; $\theta_2$ – объёмная концентрация воздуха; $D$ – плотность кабельной бумаги, кг/м$^3$; $D_1$ – плотность целлюлозы, кг/м$^3$.

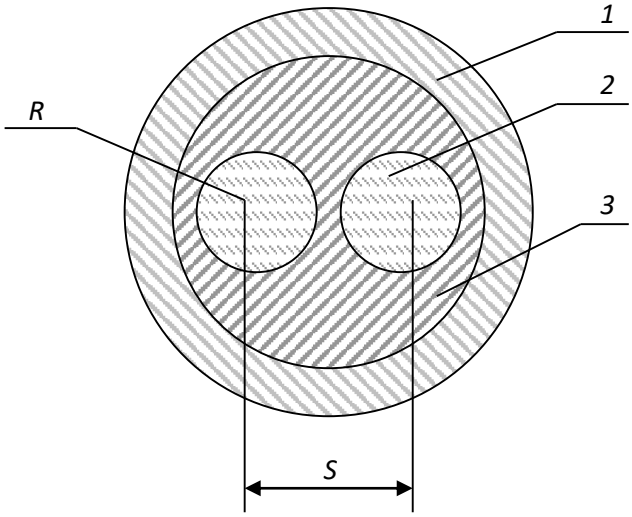



Рис. 4.1. Сечение двужильного кабеля
*1- оплётка кабеля; 2- жила кабеля; 3- изоляция кабеля*

По вычисленному значению относительной диэлектрической проницаемости непропитанной кабельной бумаги и заданным геометрическим размерам кабеля рассчитывается ёмкость кабельной линии.

Для двухжильного кабеля ёмкость между жилами может быть определена из уравнения:

$$C_k = \xi_r \cdot \xi_0 \times \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\ln K^2}, \tag{4.3}$$

где

$$K = \frac{a + x - R}{a + R - x};$$

$$x = \frac{S}{2};$$

$$a = \sqrt{(\frac{S}{2})^2 - R^2}\ ;$$

$S$ – расстояние между центрами жил кабеля, м; $R$ – радиус жил кабеля, м; $l$ – длинна кабельной линии, м.

Тангенс угла диэлектрических потерь кабельной бумаги вычисляются по заданным значениям тангенсов углов диэлектрических потерь целлюлозы и воздуха по формуле

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{\mathrm{tg}\delta_1}{1+\dfrac{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_2)\cdot \xi_{r2}}} + \frac{\mathrm{tg}\delta_2}{1+\dfrac{(1-\theta_2)\cdot \xi_{r2}}{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}}. \qquad (4.4)$$

Удельная активная ($\gamma_а$) и удельная реактивная ($\gamma_р$) проводимости изоляции в переменном электрическом поле с частотой $f$ вычисляются по формулам, приведённым в основных учебных пособиях.

Удельная полная проводимость изоляции кабеля связана с удельными активной и реактивной проводимостями соотношением

$$\gamma_{из} = \sqrt{\gamma_а^2 + \gamma_р^2} \qquad (4.5)$$

Полная проводимость $Y_{из}$ изоляции кабеля определяется по удельной проводимости $\gamma_{из}$ и геометрическим размерам кабеля

$$Y_{из} = \gamma_{из} \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2} \qquad (4.6)$$

Ток утечки кабеля, возникающий под воздействием приложенного напряжения, сопротивление изоляции между жилами в двухжильных кабелях рассчитываются на основании соотношений

$$I_у = U \cdot Y_{из}; \qquad (4.7)$$

$$Z_{из} = \frac{1}{Y_{из}}. \qquad (4.8)$$

Диэлектрические потери в изоляции кабеля $P$ находятся по действующему значению приложенного переменного напряжения, ёмкости кабельной лини, тангенсу угла диэлектрических потерь и частоте питающей сети

$$P = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_k \cdot \mathrm{tg}\delta, \qquad (4.9)$$

где $U$ – рабочее напряжение кабельной линии, В; $f$ – частота, Гц; $C_k$ – ёмкость кабельной линии, Ф; tgδ – тангенс угла диэлектрических потерь; $P$ – диэлектрические потери, Вт.

Для упрощения расчёта величины пробивного напряжения делаем допущение, что электрическое поле внутри кабеля однородное, то есть напряженность поля в любой его точке одинакова. Тогда электрическая прочность кабельной бумаги может быть получена по заданным значениям

электрической прочности компонентов (целлюлозы и воздуха) из следующего уравнения

$$E_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{пр}1} \cdot E_{\text{пр}2}}{E_{\text{пр}1} + E_{\text{пр}2} \cdot (1 - \frac{\xi_{r2}}{\xi_{r1}})}. \qquad (4.10)$$

Пробивное напряжение изоляции:

$$U_{\text{пр}} = E_{\text{пр}} \cdot h_{\text{из}}, \qquad (4.11)$$

где $h_{\text{из}}$ – минимальная толщина изоляции, мм.

Минимальная толщина изоляции между жилами кабеля для двухжильного кабеля определяется из уравнения

$$h_{\text{из}} = S - 2R \qquad (4.12)$$

Вычислив электрические параметры линии, в кабеле которой в качестве изоляции использована непропитанная кабельная бумага, следует произвести расчёт параметров этой линии при условии, что оболочка кабеля заполнена вместо воздуха либо газообразным диэлектриком, либо жидким изоляционным материалом. При этом считаем, что в порах капиллярах воздух полностью замещается этими диэлектриками.

Последовательность расчёта остаётся той же, что для непропитанной кабельной бумаги. В уравнениях (4.2), (4.4) и (4.10) необходимо вместо электрических параметров воздуха подставлять аналогичные параметры замещающего воздух другого диэлектрика согласно условию задачи. При записи расчётного уравнения необходимо индекс 2, обозначающий, что это параметр воздуха, изменить на индекс 3.

Например, при определении $\text{tg}\delta_n$ пропитанной жидким диэлектриком кабельной бумаги уравнение (4.4) нужно записать в следующем виде:

$$\text{tg}\delta_{\text{п}} = \frac{\text{tg}\delta_q}{1 + \frac{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r2}}} + \frac{\text{tg}\delta_3}{1 + \frac{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r3}}{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}}.$$

При расчёте следует полагать, что объёмные концентрации целлюлозы и заменяющего воздух другого газообразного или жидкого диэлектрика остались такими же, как целлюлозы и воздуха, то есть

$$\theta_3 = \theta_2.$$

После окончания расчёта следует *обязательно* проанализировать, как влияет на электрические параметры кабельной линии пропитка её изоляции жидким диэлектриком. Для удобства анализа необходимо составить таблицу расчётных значений электрических параметров кабельной линии дои после пропитки. Образец такой таблицы представлен ниже.

Таблица 4.2

**Таблица сравнительных данных кабельной линии**

| Обозначение параметра | $\xi_r$ | $C_k$, Ф | $X_{из}$, См/м | $Z_{из}$, Ом | $Y_{из}$, См | $P$, Вт | $U_{пр}$, кВ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Кабель без пропитки | | | | | | | |
| Кабель с пропиткой | | | | | | | |

При анализе необходимо указывать, как влияет пропитка изоляции на значение каждого из рассчитанных параметров с использованием теоретических сведений.

В конце анализа необходимо сделать вывод о соответствии изоляции пропитанного и непропитанного кабелей требованиям, предъявляемых к кабельной линии правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

В соответствии с этими требованиями кабельные линии с рабочим напряжением до 1000 В должны обладать сопротивлением изоляции $R_{из}$>0,5 МОм при прозвонке их мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Изоляция кабельных линий с рабочим напряжением более 1 кВ должна выдерживать воздействия постоянных напряжений, значение которых приводятся в табл. 4.3.

Таблица 4.3

**Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей**

| Изоляция | Напряжение, кВ, для кабелей на рабочее напряжение, кВ | | | | | | | | Продолжительность |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 6 | 10 | 20 | 35 | 110 | 220 | |
| Бумажная | 12 | 18 | 36 | 60 | 100 | 175 | 300 | 450 | |

Для установления соответствия изоляции кабельных линий с рабочим напряжением до 1 кВ требованиям ПУЭ необходимо рассчитать сопротивление изоляции $R_{из}$ постоянному току. Расчёт $R_{из}$ осуществляется по активной удельной проводимости в соответствии с уравнениями

$$g_{из} = \gamma_а \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2}; \quad (4.13)$$

$$R_{из} = \frac{1}{g_{из}}, \quad (4.14)$$

где $g_{из}$ – активная проводимость кабельной линии, См; $\gamma_а$ – удельная активная проводимость кабельной линии, См/м; $R_{из}$ – сопротивление изоляции постоянному току, Ом.

Если рассчитанное значение сопротивления изоляции $R_{из}$ больше 0,5 мОм, то кабельная линия удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Для кабельных линий с рабочим напряжением свыше 1000В проверка изоляции на соответствие требованиям ПУЭ производится путём сравнения рассчитанного пробивного напряжения с $U_{пр}$ с испытательным напряжением, приведённым в табл. 4.3.

## 4.4. Экзаменационные вопросы

1. Понятия об электротехнических материалах. Классификация (определения).
2. Диэлектрики. Основные понятия. Определения. Классификация.
3. Понятия поляризации. Механизм поляризации.
4. Виды поляризации. Электронная поляризация.
5. Виды поляризации. Ионная поляризация.
6. Виды поляризации. Спонтанная (остаточная) поляризация.
7. Обобщенная схема замещения диэлектрика.
8. Относительная диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков.
9. Относительная диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков
10. Относительная диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков. Уравнение Лихтеннекера.
11. Понятия об электропроводности диэлектриков. Электропроводность твердых диэлектриков. Объемное и поверхностное удельные сопротивления диэлектриков.
12. Диэлектрические потери. Основные понятия. Схемы замещения. Виды диэлектрических потерь.
13. Понятие пробоя диэлектриков. Электрический пробой газообразных диэлектриков.
14. Понятие электрического пробоя диэлектриков. Электротепловой пробой.
15. Механические, физические и тепловые свойства диэлектриков.
16. Электроизоляционные материалы. Газообразные, жидкие твердые и твердеющие изоляционные материалы.
17. Физика магнетизма. Условия возникновения ферромагнетизма.
18. Основные характеристики магнитных веществ.
19. Строение ферромагнетиков.
20. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции.
21. Намагничивание ферромагнетиков.
22. Свойства ферромагнетиков в квазипостоянных магнитных полях.
23. Динамическая петля намагничивания.
24. Эффект вытеснения магнитного поля диэлектрика в переменном магнитном поле.
25. Потери мощности на перемагничивание ферромагнетиков в переменном магнитном поле.

26. Магнитные материалы. Магнитомягкие и магнитотвердые магнитные материалы.
27. Исследование ферромагнетика в переменном магнитном поле.
28. Полупроводники. Основные понятия. Классификация.
29. Электропроводность полупроводников.
30. Электронно-дырочный переход полупроводников.
31. Проводники. Классификация. Основные понятия.
32. Удельное сопротивление проводников. Температурный коэффициент удельного сопротивления.
33. ТермоЭДС. Температурный коэффициент линейного расширения металлических проводников.
34. Основы конструкционного и электротехнического материаловедение.
35. Агрегатные состояния и дефекты строения материалов.
36. Термическая обработка.
37. Металлы и сплавы.
38. Искусственные и синтетические материалы.
39. Классификация материалов.
40. Технологии получения материалов.

## Учебно-методические материалы

***Основная литература***

*Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М.* Электротехнические материалы. 7-е издание. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.

*Угольников А. В.* Электротехническое и конструкционное материаловедение. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2015. 147 с.

*Хахин Ю. М.* Электротехническое материаловедение. Екатеринбург, Изд. УГГГА, 1995. 100 с.

***Дополнительная литература***

*Справочник по электрическим материалам / под ред. Ю. В. Корицкого* 2-е изд. М.: Энергия, том 1, 1974. 583 с.; том 2, 1974. 615 с; том 3, 1976. 896 с.

*Агеева Н. Д., Винаковская Н. Г, Лифанов В. Н.* Электротехническое материаловедение, Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. 76 с.

*Дудкин А. Н. Ким В. С.* Электротехническое материаловедение. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. 216 с.

*Журавлева Л. В.* Электроматериаловедение, М ПрофОбрИздат, 2001. 312 с.

*Попов В. С.* Теоретическая электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1990.

*Розенблат М. А.* Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. М.: Наука, 1966. 720с.

*Тареев Б. М.* Физика диэлектрических материалов. М.: Энергия, 1982. 320 с.

*Штофа Ян*. Электротехнические материалы в вопросах и ответах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 200 с.

*Электротехнические и конструкционные материалы. В. Н. Бородулин, А. С. Воробьев, В. М. Матюгин и др.* М: Издательский центр «Академия», 2005. 280 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ*

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ..... 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса ..... 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам ..... 5
Подготовка и написание контрольной работы ..... 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) ..... 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ..... 8
Подготовка к зачёту ..... 8
Подготовка к экзамену ..... 8

# ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

## Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

**Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

**Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

## Б1.О.ДВ.03.02 КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ЛИЧНОСТИ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Философии и культурологии | Горнотехнологический факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав .кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 18.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по написанию реферата | 17 |
| 8 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 19 |
| | Заключение | 21 |
| | Список использованных источников | 22 |

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

***Самостоятельная работа студента*** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;

- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзорлитературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и рекомендуемая

литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем времени на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям*:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;
- современную оценку предмета изложения;

- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

***Основная часть.***

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

***Заключение.***

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

| *Критерии оценки доклада, сообщения* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Содержательность, информационная насыщенность доклада | 1 |
| Наличие аргументов | 1 |
| Наличие выводов | 1 |
| Наличие презентации доклада | 1 |
| Владение профессиональной лексикой | 1 |
| Итого: | 5 |

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

## 4. Методические рекомендации по написанию эссе

***Эссе*** - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

***Структура эссе***

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

***Как подготовить и написать эссе?***

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итога обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

***Дискуссия*** (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## 7. Методические рекомендации по написанию реферата

Слово "реферат" (от латинского – referre – докладывать, сообщать) означает сжатое изложение в устной или письменной форме содержания какого–либо вопроса или темы на основе критического обзора информации.

Написание реферата - вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на семинарах, конференциях.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

Ясно и четко сформулировать цель и задачи реферата, отражающие тему или решение проблемы.

Найти литературу по выбранной теме; составить перечень источников, обязательных к прочтению.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

*Введение.* В этом разделе раскрывается цель и задачи работы; здесь необходимо сформулировать проблему, которая будет проанализирована в реферате, изложить своё отношение к ней, то есть мотивацию выбора; определить особенность постановки данной проблемы авторами изученной литературы; объяснить актуальность и социальную значимость выбранной темы.

*Основная часть.* Разделы, главы, параграфы основной части должны быть направлены на рассмотрение узловых моментов в теме реферата. Изложение содержания изученной литературы предполагает его критическое осмысление, глубокий логический анализ.

Каждый раздел основной части реферата предполагает детальное изучение отдельного вопроса темы и последовательное изложение структуры текстового материала с обязательными ссылками на первоисточник. В целом, содержание основной части должно отражать позиции отдельных авторов, сравнительную характеристику этих позиций, выделение узловых вопросов дискурса по выбранной для исследования теме.

*Заключение.* В заключении автор реферата должен сформулировать личную позицию в отношении изученной проблемы и предложить, может быть, свои способы её решения. Целесообразно сделать общие выводы по теме реферата и ещё раз отметить её актуальность и социальную значимость.

*Список использованных источников и литературы.*

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы, а также на усиление контроля за этой работой.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых приобретаются, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов формирует навыки изложения своих мыслей в письменной форме грамотным языком, хорошим стилем.

В зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на два основных типа: научно-проблемные и обзорно-информационные.

*Научно-проблемный реферат*. При написании такого реферата следует изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

*Обзорно-информационный реферат*. Разновидностями такого реферата могут быть следующие:

1) краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины;

2) подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за определенный период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

Темы рефератов определяются преподавателем. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается аспирантами самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 15 страниц машинописного текста через 1,5 интервала. При оформлении реферата необходимо ориентироваться на правила и установленные стандарты для учебных и научных работ.

Реферат сдается в указанные преподавателем сроки.

Критерии оценивания:

- достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);
- уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);
- личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);
- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);
- культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);
- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);
- качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);
- корректное использование литературных источников, грамотное оформление ссылок.

## 8. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен (зачет)*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это,

часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# ФТД.В.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.**

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

**Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)**

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

**Тема 3. Дистанционные образовательные технологии**

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

**Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества**

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

**Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности**

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

**Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.**

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

**Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов**

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

**Тема 8. Организация научно-исследовательской работы**

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

**Тема 9. Тайм-менеджмент**

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

## ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

**1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности** в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

## Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

| № | | | S | | № | | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | 23 | 67 | | |
| | 2 | | | | 68 | | |
| | 3 | | | | 69 | | |
| 2 | 4 | | | 24 | 70 | | |
| | 5 | | | | 71 | | |
| | 6 | | | | 72 | | |
| 3 | 7 | | | 25 | 73 | | |
| | 8 | | | | 74 | | |
| | 9 | | | | 75 | | |
| 4 | 10 | | | 26 | 76 | | |
| | 11 | | | | 77 | | |
| | 12 | | | | 78 | | |
| 5 | 13 | | | 27 | 79 | | |
| | 14 | | | | 80 | | |
| | 15 | | | | 81 | | |
| 6 | 16 | | | 28 | 82 | | |
| | 17 | | | | 83 | | |
| | 18 | | | | 84 | | |
| 7 | 19 | | | 29 | 85 | | |
| | 20 | | | | 86 | | |
| | 21 | | | | 87 | | |
| 8 | 22 | | | 30 | 88 | | |
| | 23 | | | | 89 | | |
| | 24 | | | | 90 | | |
| 9 | 25 | | | 31 | 91 | | |
| | 26 | | | | 92 | | |
| | 27 | | | | 93 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 28 | | | 32 | 94 | |
| | 29 | | | | 95 | |
| | 30 | | | | 96 | |
| 11 | 31 | | | 33 | 97 | |
| | 32 | | | | 98 | |
| | 33 | | | | 99 | |
| 12 | 34 | | | 34 | 100 | |
| | 35 | | | | 101 | |
| | 36 | | | | 102 | |
| 13 | 37 | | | 35 | 103 | |
| | 38 | | | | 104 | |
| | 39 | | | | 105 | |
| 14 | 40 | | | 36 | 106 | |
| | 41 | | | | 107 | |
| | 42 | | | | 108 | |
| 15 | 43 | | | 37 | 109 | |
| | 44 | | | | ПО | |
| | 45 | | | | 111 | |
| 16 | 46 | | | 38 | 112 | |
| | 47 | | | | 113 | |
| | 48 | | | | 114 | |
| 17 | 49 | | | 39 | 115 | |
| | 50 | | | | 116 | |
| | 51 | | | | 117 | |
| 18 | 52 | | | 40 | 118 | |
| | 53 | | | | 119 | |
| | 54 | | | | 120 | |
| 19 | 55 | | | 41 | 121 | |
| | 56 | | | | 122 | |
| | 57 | | | | 123 | |
| 20 | 58 | | | 42 | 124 | |
| | 59 | | | | 125 | |
| | 60 | | | | 126 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 61 | | | 43 | 127 | |
| | 62 | | | | 128 | |
| | 63 | | | | 129 | |
| 22 | 64 | | | 44 | 130 | |
| | 65 | | | | 131 | |
| | 66 | | | | 132 | |

Качественные характеристики саморегуляции

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Целеполагание | За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет. | 23 | Неустойчивость целей | Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается. |
| 2 | Моделирование условий | Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное. | 24 | Отсутствие анализа условий | Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности. |
| 3 | Программирование действий | Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи. | 25 | Спонтанность действий | Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач. |
| 4 | Оценивание результатов | Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки. | 26 | Ошибки в работе | Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе. |
| 5 | Коррекция результатов и способов действий | Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки. | 27 | Повторные ошибки | С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки. |
| 6 | Обеспеченность регуляции в целом | Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помо- | 28 | Импульсивность | Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо. |

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|
| | | щи. | | | |
| 7 | Упорядоченность деятельности | Любит порядок. Аккуратен и последователен. | 29 | Непоследовательность | Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен. |
| 8 | Детализация регуляции действий | Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы. | 30 | Поверхностность | Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали. |
| 9 | Осторожность в действиях | Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска. | 31 | Необдуманность, рискованность | Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает. |
| 10 | Уверенность в действиях | Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив. | 32 | Неуверенность в своих силах | Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен. |
| 11 | Инициативен в действиях. | Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий. | 33 | Нерешительность | Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый. |
| 12 | Практическая реализуемость намерений | Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца. | 34 | Незавершенность дел | Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать. |
| 13 | Осознанность действий | Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи. | 35 | Действия наобум | Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил. |
| 14 | Критичность в делах и поступках | Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям. | 36 | Равнодушие к недостаткам | Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки. |

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Ориентированность на оценочный балл | Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка. | | 37 | Попустительство | Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки. |
| 16 | Ответственность в делах и поступках | Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы. | | 38 | Безответственность в делах | Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца. |
| 17 | Автономность | Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями. | | 39 | Зависимость в действиях | Всегда надеется на друзей, на их помощь. |
| 18 | Гибкость, пластичность в действиях | Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях. | | 40 | Инертность в работе | Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую. |
| 19 | Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий | Аккуратен. Внимателен. Усидчив. | | 41 | «Плохиш» | Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив. |
| 20 | Практичность, устойчивость в регуляции действий | Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах. | | 42 | Равнодушие к ошибкам, неудачам | Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам. |
| 21 | Оптимальность (адекватность) регуляции усилий | Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия. | | 43 | Отсутствие последовательности | Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания. |
| 22 | Податливость воспитательным воздействиям | Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям. | | 44 | Самодостаточность | Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям. |

*Задание:* На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

**2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.**

*Методические указания*

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

*Задание*

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

**3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:**

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# ФТД.В.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ…….……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации**

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

**Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации**

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

**Тема 3. Эффективное общение**

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

**Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации**

Конфликт
Барьер речи

**Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации**

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

**Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации**

Самопрезенгация
Публичное выступление

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе –

поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть

логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболеесложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

## 1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

*Методические указания:*

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://t witter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).

Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.

Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

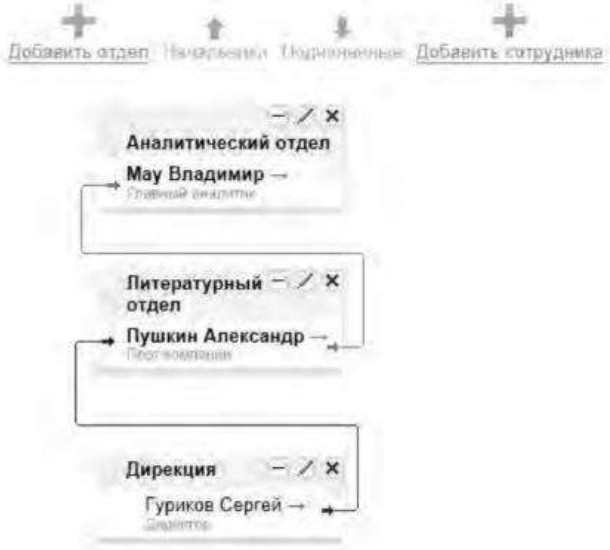



Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

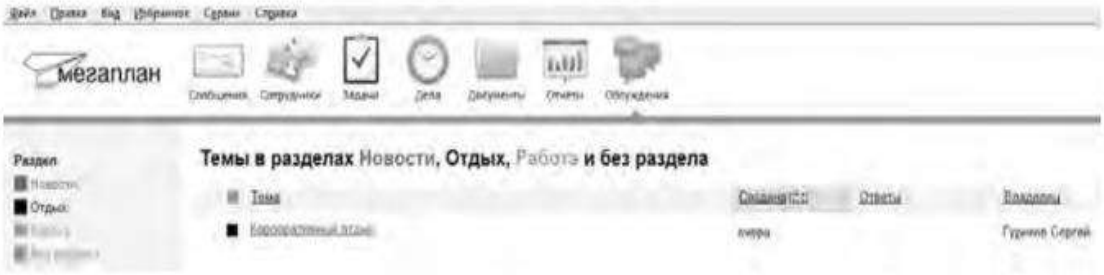



Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

**Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями** — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

*Задания:*

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

*Методические указания*

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

**Форум** — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.

Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).

Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.

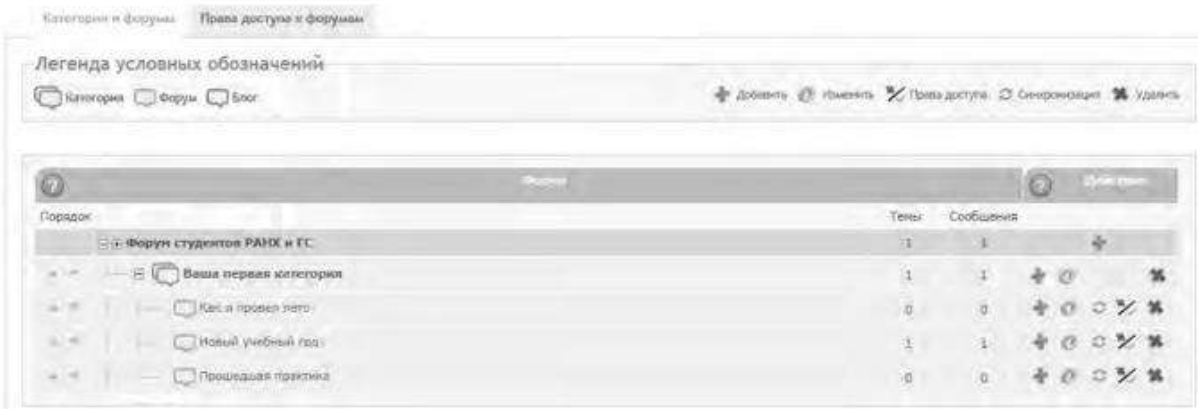



Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.

Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

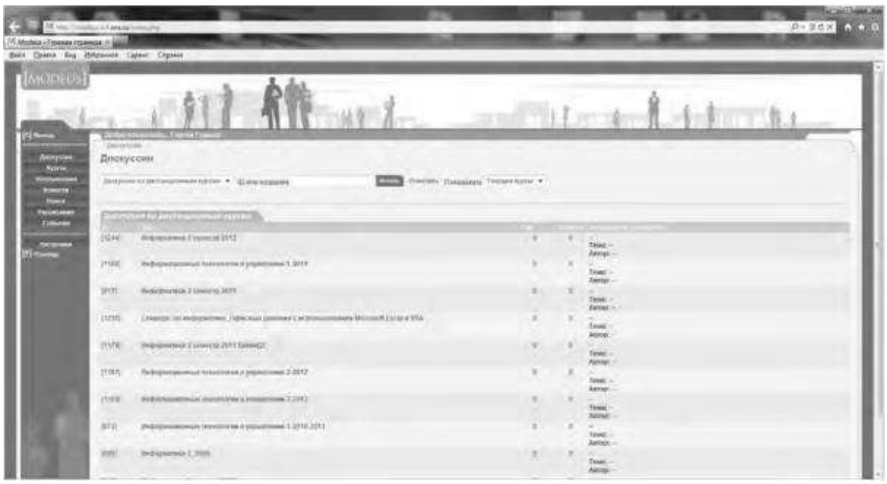



Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.

Рис. 10 Создание новой темы

**Рис. 11. Создана тема для дискуссии**

**Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения**

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

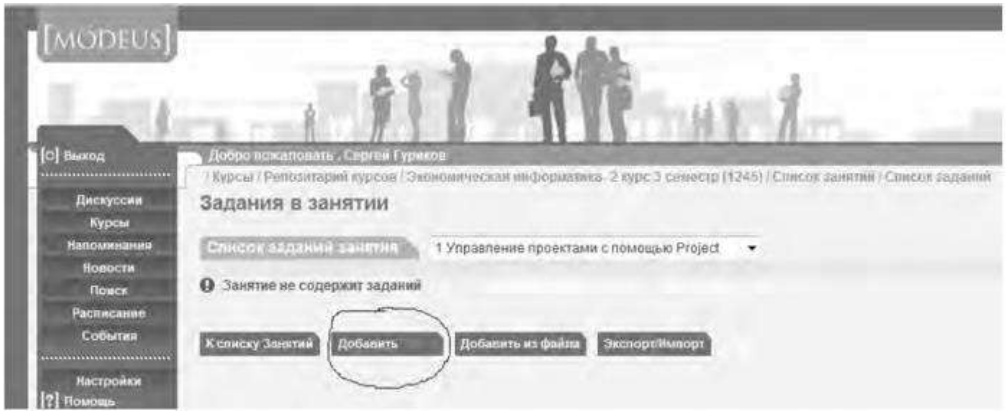



Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

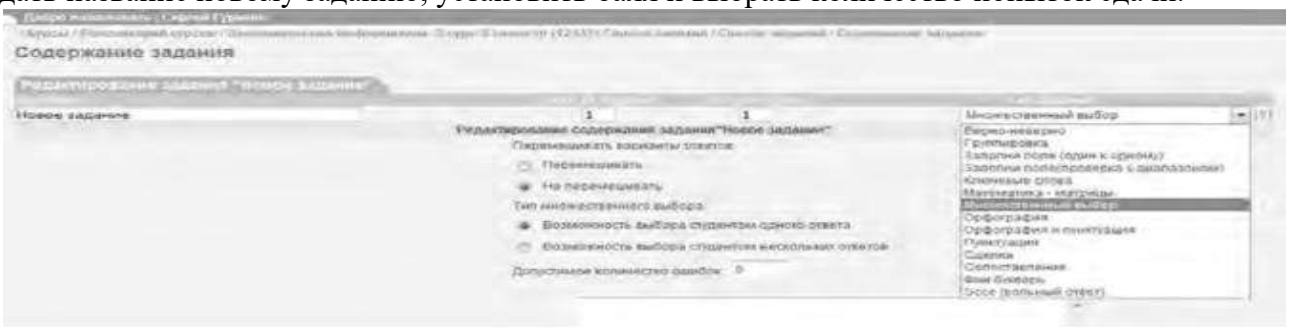
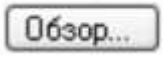



Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

**Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип).** Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку

- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку 

и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

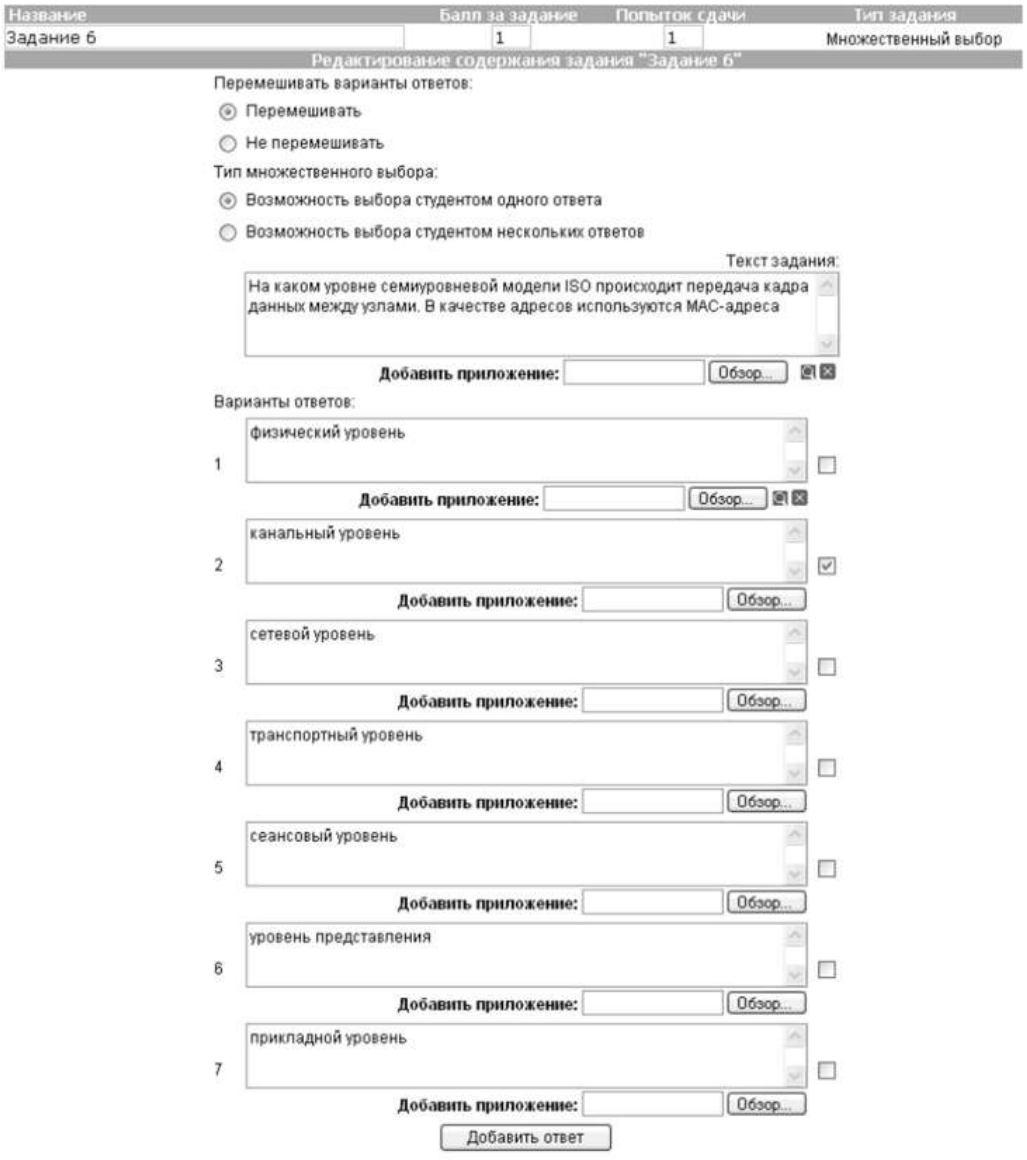



Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

**Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип).** Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор...; находящуюся под полем **Текст задания,** и
укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое; чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

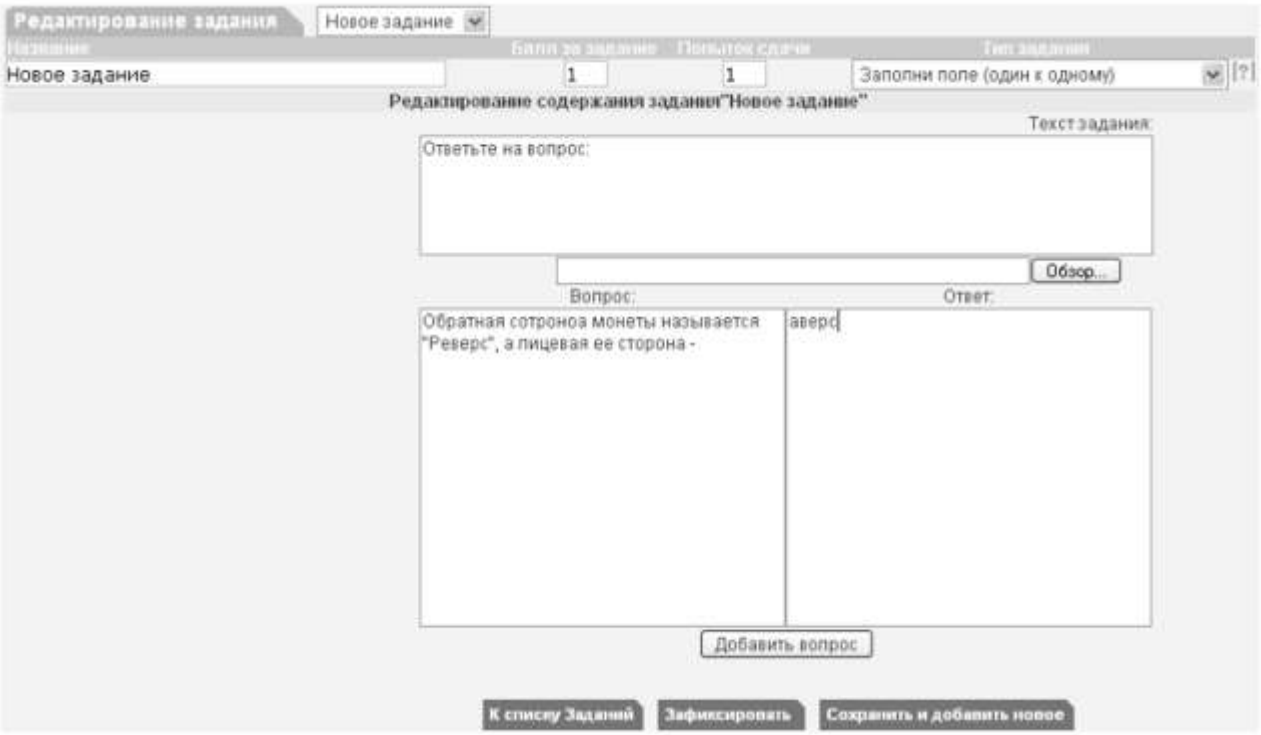



Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

**Верно - неверно.** Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

**Группировка.** В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

**Заполни поле (проверка с диапазоном).** Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

**Сопоставление.** Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

**Эссе.** Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

**Настройка видео web-сессий**

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

**2. Видеотелефония** — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).

Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

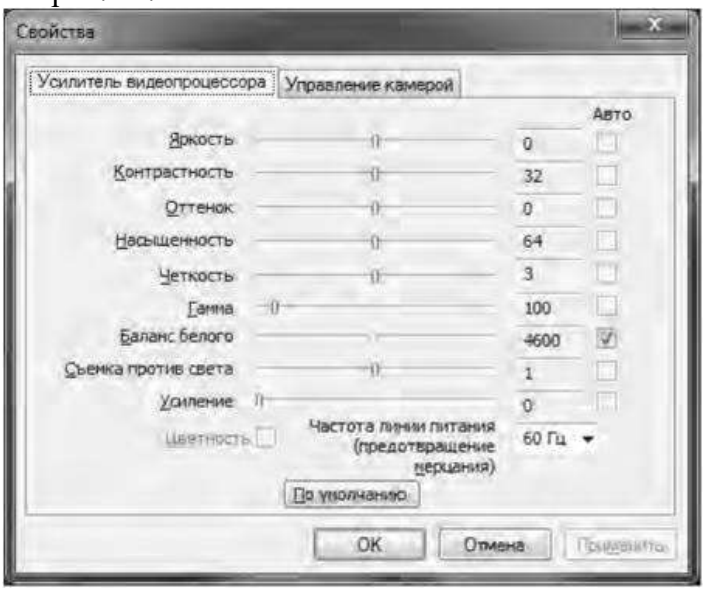



Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

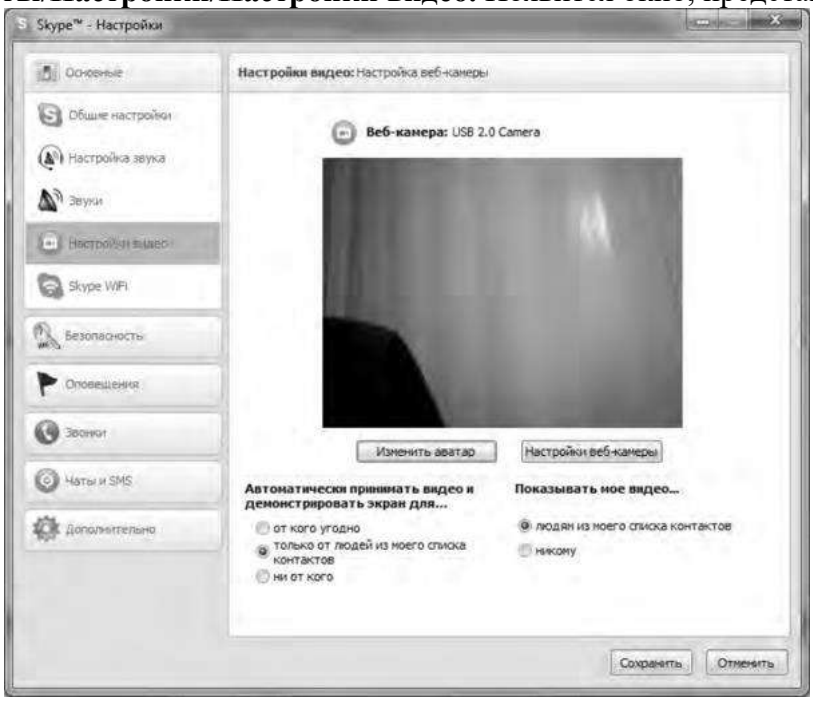



Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.

Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

*Задания:*

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

## 2. Проведите диагностику стиля делового общения.

*Инструкция.* С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

*Обработка результатов.*

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

*Ключ*

*Стиль 1:* 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
*Стиль 2:* 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
*Стиль 3:* 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
*Стиль 4:* 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

*Интерпретация результатов*

*Стиль 1* — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

*Стиль 2* — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

*Стиль 3* ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

*Стиль 4* — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения

б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

# ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

## Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

## Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

### Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение** (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

### Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

## Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

## Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

## Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

## Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

## Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

**Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

**Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Иохин В. Я.* Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

**Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория:* учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

**Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления*: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

**Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

**Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

## Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

**Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

**Советы магистранту:**

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

# ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
***21.05.04 Горное дело***

Направленность (профиль)
***Технологическая безопасность и горноспасательное дело***

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управление персоналом | Горнотехнологического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Абрамов С.М. | Колчина Н.В. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 10.09.2023 | Протокол № 2 от 20.10.2023 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические указания по подготовке к опросу | 9 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 11 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 13 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 14 |
| | Заключение | 17 |
| | Список использованных источников | 18 |

## ВВЕДЕНИЕ

***Самостоятельная работа студентов*** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитияисследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1] . Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать,

подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf